地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 1 (823), 1978

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　(▲印新刊)

各　〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本の火山	1,490
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方頒家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,800
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本温泉分布図	1,280
	日本温泉鉱泉一覧	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
1/ 20万	海洋地質図Ⅰ，甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	海洋地質図Ⅱ，対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	海洋地質図Ⅲ，相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	海洋地質図Ⅳ，相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	海洋地質図Ⅴ，紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	海洋地質図Ⅵ，紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	海洋地質図Ⅶ，琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	▲海洋地質図Ⅷ，西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000

日本油田ガス田図(Ⅰ)	青山奥	820
日本油田ガス田図(Ⅱ)	横　浜	820
日本油田ガス田図(Ⅲ)	横須賀	820
日本油田ガス田図(Ⅶ)	魚　沼	3,410 〒750
日本油田ガス田図(Ⅷ)	本　宿	1,510
日本油田ガス田図(Ⅸ)	七　谷	820
日本油田ガス田図(Ⅹ)	茂　原	2,140
日本油田ガス田図(Ⅺ)	佐　渡	1,510
▲　同　上	佐　渡説明書	1,510

各　〒400円

日本水理地質図(Ⅰ)	木曽川左岸・矢作川・豊川流域	8
日本水理地質図(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	6
日本水理地質図(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	6
日本水理地質図(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	6
日本水理地質図(Ⅶ)	千葉西部	
日本水理地質図(Ⅷ)	奈良県大和川流域	
日本水理地質図(Ⅺ)	長野県松本盆地	
日本水理地質図(Ⅻ)	兵庫県南西部	
日本水理地質図(XⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
日本水理地質図(XV)	都城盆地	
日本水理地質図(XⅥ)	仙台湾臨海地域	
日本水理地質図(XⅦ)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
日本水理地質図(XⅧ)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
日本水理地質図(XⅨ)	熊本県白川および黒川流域	
日本水理地質図(XX)	鳥取県日野川流域	
日本水理地質図(XⅪ)	福岡県矢部川中流域	
日本水理地質図(XⅫ)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
日本水理地質図(XXⅢ)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
日本水理地質図(XXⅣ)	長野県千曲川中流域	1,
日本水理地質図(XXV)	島原半島	1,

北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅰ
北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅱ
北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅲ

各　〒450円

空中磁気図(Ⅰ)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,
空中磁気図(Ⅱ)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,
空中磁気図(Ⅵ. Ⅶ)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,
空中磁気図(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,
空中磁気図(Ⅺ. Ⅻ)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,
空中磁気図(XⅢ)	福井-豊岡-隠岐海域	
空中磁気図(XⅣ. XV. XⅥ)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1,
空中磁気図(XⅦ, XⅧ)	天北-十勝地域	

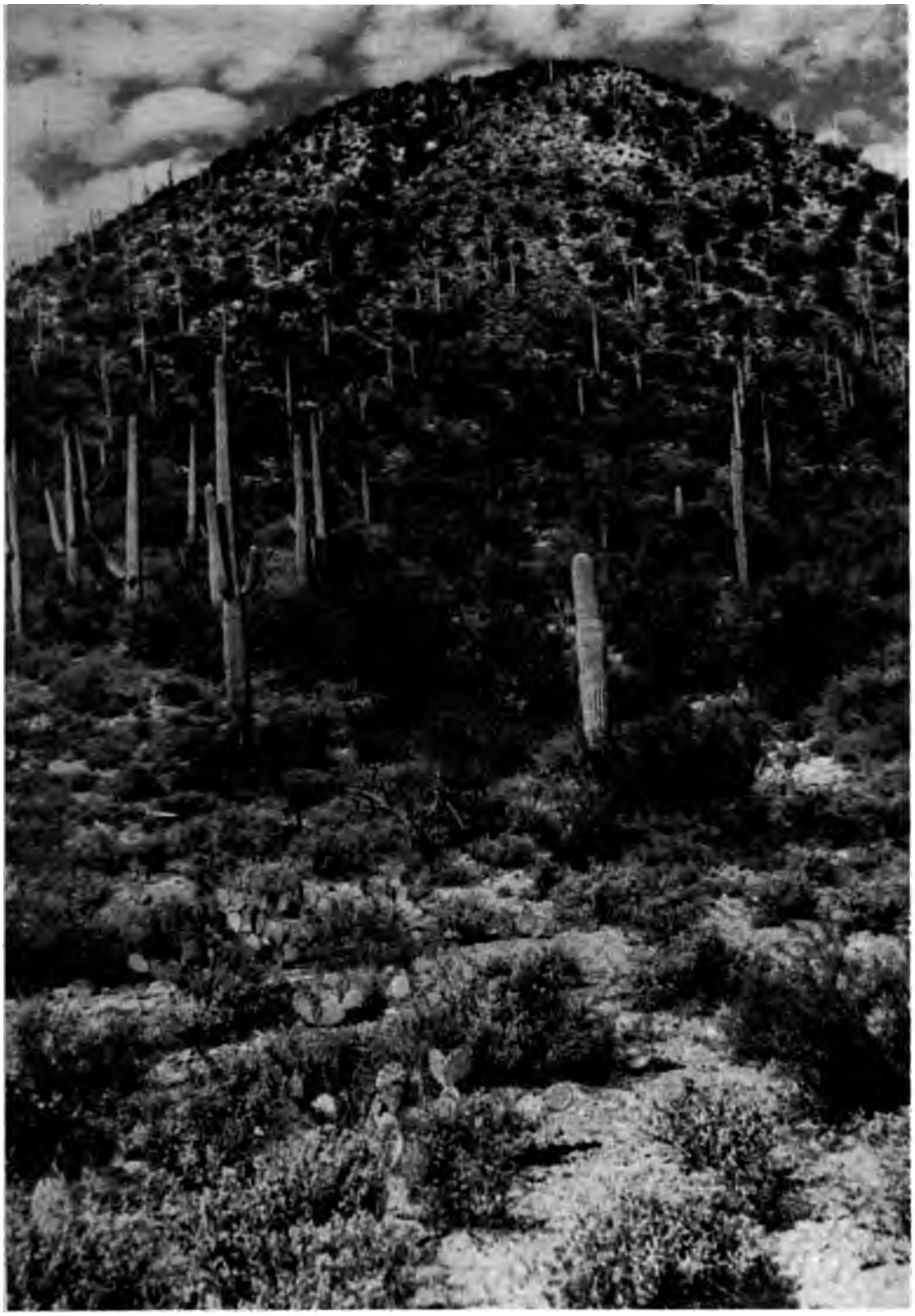


写真 1　ソノラ沙漠　テューソン山地の孤立峰と植生



写真 2　ソノラ沙漠　ペディメント上の植生とサンタカタリナ山地

アメリカ南西部ソノラ沙漠の植生と地形

Vegetation and Landforms of the Sonoran Desert
in the Southwestern U. S. A.

ソノラ沙漠はメキシコ北部からアメリカ合衆国南西部に広がっている。地形的に大まかには盆地と山地が交互に分布するベースンアンドレンジ地形区（Basin & Range Province）の一部と一致している。バハダ（*Bajada*）とペディメントが山麓に広がって，プラヤ（*Playa*）や定常流のない河川の沖積地の盆地床につながり，それに対して開析が著しくすすんで，面積的に小さい山地塊が分散しているのが，付近の地形の特徴である。年降水量は75mmから375mm，夏の気温は高く（7月平均気温はフィーニックスで33°C），蒸発量も大きいので，沙漠気候とみてよい。ステップとの境界は年々，降水量の変化と共に変動する。写真はアリゾナ州テューソン（Tucson）市の周辺で，盆地床高度は約700m，山麓から山腹の1350mの高さまでは，サボテンを主とする特徴的な沙漠植生に蔽われている。写真1はテューソン市街地の西側のテューソン山地の一部で，その東寄りの高さ930m程の頂上の南側斜面，比高180mほどの部分である。テューソン山地は中生代白亜紀花崗岩，流紋岩，安山岩，火山性礫岩等から成り，山稜は突兀とした典型的な晩壮年形を呈し，稜線高度は900mから1400mの間を上下する。この山地は山頂まで殆んど沙漠植生におおわれている。盆地床はパロヴェルデ，メスキート，クレオソートブッシュの低木が目立ち，山麓から山地斜面にかけては，ジャンピングチョーラ，プリッキペアー等のオプンティア（*Opuntia*）属やその他のサボテン科（Cactus Family）の植物などによって占められる。植生は疎らに生え，丈が高くて目立つサボテンはスワロ（Saguaro）と云い，柱状の特異な形で，しばしば高さは15mをこえ，樹齢200年に及ぶ。写真2はテューソン市街地から東に離れてあるタンケヴェルデ山地西のペディメントの緩斜面とその上の植生で，その種類は写真1と余り変らない。竹ぼうきを逆にたてたように地面から放射状に枝をひろげる植物はオコティーヨ（Ocotillo）で，サボテン科ではなく，枝一ぱいに小さい紅い花をつける。この部分はスワロが立派なので，スワロ国定公園として自然保護地に指定されている。北にあるサンタカタリナ山地（画面の背景）は，稜線高度2400～2500m，最高所はレモン山（2747m）で，1800mより上の斜面は気温の低下により大気中の水蒸気をとらえるため，松や樅の緑濃い高木森林帯となる。

(1972年12月　式　正英撮影，Photo by M. Shiki)

地学雑誌 87, 1 (1978)

土地改変に伴う加速的侵食

——侵食の速さと沖縄島北部の事例——

門 村 浩* 山 本 博*

Man-Induced Erosion: The Rate of Erosion and an Example from Okinawa Island, Southern Japan

Hiroshi KADOMURA and Hiroshi YAMAMOTO

Abstract

This paper is a preliminary note for the world-wide comparative studies of man-induced erosion from the viewpoint of environmental geomorphology.

The "geologic norm" or the background level of the rates of natural erosion and the order of the magnitude of accelerated erosion induced by man's impact on physical environment are summarized for the whole world and Japan based on previously published data. As a result, it is tentatively concluded that the rates of natural erosion which are used as the background level may be in the order of 100–500 $m^3/km^2 \cdot yr$ for mountainous regions except for high relief mountains and 10–50$m^3/km^3 \cdot yr$ for hilly lands and uplands. Based on the data obtained from the measurement at the experimental plots, the rates of erosion on the farmlands of Japan are estimated as 50–500 $m^3/km^2 \cdot yr$ for ordinary crops, 500–1500$m^3/km^2 \cdot yr$ for orchards without mulching and 1500–2000$m^3/km^2 \cdot yr$ for bare lands. These values are generally smaller compared those reported for the croplands in the United States in 1930's when a large-scale uncontrolled monoculture such as cotton and maize predominated.

It is worthy to note that in Japan well-managed and terraced puddy fields have greatly contributed to the prevention of accelerated soil loss from cultivated hillslopes since ancient times.

Since 1960's soil erosion and accompanying sedimentation due to large-scale urbanization and highway construction have caused serious problems in many countries, particularly in the United States and Japan. The rate of sediment yield from the small catchments affected by the construction works increases from 5 to 500 times and more that associated with the same terrain under cover of forest and rural land use, and often reaches on the order of 10000 $m^3/km^2 \cdot yr$ (WOLMAN, 1975).

Based on the data on the land use change from agriculture or forestry to urban and forestry to agriculture, extraction of mineral resources including gravels and sands and coal mining, it is estimated that the total amount of direct denudation caused by man may be about 1.8 billion m^3/yr for whole Japan for the year of 1970–1972. This is

* 北海道大学大学院環境科学研究科 Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University.

equivalent to the annual removal of earth materials 4800 $m^3/km^2 \cdot yr$ (4.8 mm/yr) and is seven times higher than the mean rate of erosion in mountainous regions of Japan (680$m^3/km^2 \cdot yr$).

An example of man-induced erosion under humid subtropical environment (mean annual temperature 22°C, mean annual rainfall 2400–2600 mm) is reported for the northern part of Okinawa Island, Ryukyu Islands. Since 1960's highly accelerated erosion of reddish soils derived from deep weathering of phylites and slates and Plio-Pleistocene sand and gravel deposits has occurred due to a large-scale pineapple cultivation in the hilly lands and uplands. In addition, sediment yield has greatly increased by the construction of housing lots, roads, etc. since 1970's. Observations on the bulldozer-shaped slopes on which B-horizon or reddish weathered zone expose, show that both bare land under construction and farmland cultivated with first-year pineapples in rows downslope produce a great amount of sediment, estimating 10000–50000$m^3/km^2 \cdot yr$ and more. In the case of reclaimed land built on the former small valleys, filled-in soils are rapidly eroded away by large gullies which follow former stream lines and the amount of eroded materials even by a single gully often exceeds 10000m^3/yr. Red-colored suspended sediment derived from such source areas has been transported to the sea within a short time, resulting in silting problems along the coral reef coast.

I. はじめに

人類活動に起因する環境悪化の現象のうち，土壌侵食ほど古くて新しい問題はないであろう。「土壌侵食」の語は，「加速的侵食」(accelerated erosion) または「人為的侵食」(man-induced erosion または induced erosion) と同意義に用いられることが多い (STRAHLER, 1956)。農林業をはじめ，地表面における人類の生産活動は，自然植生を改変または除去することを通して，自然条件下で保持されていた土壌発達と侵食との間のバランスを破壊する。その結果，「地質学的規準」(geologic norm) を上回る速さで地表面が削剝される現象が生ずる (SHARPE, 1941)。

こうした意味の加速化された地表侵食の現象は，農耕や放牧が開始されて以来の長い歴史をもつ (BROWN, 1970)。最近では，農業活動に伴う土壌侵食 (RAKOCZI, 1975) に加えて，都市や道路などの建設工事に起因する加速的な侵食と土砂の流出が，世界の各地で社会問題として取り上げられるようになっている (ASCE, 1970 ; COATES,ed., 1974 ; GREGORY and WALLING, 1974 ; WOLMAN, 1975)。今日，地球上には，極地や高山，砂漠の一部をのぞいて，人類活動の影響をまったく受けていない地域はない。ブルドーザーなど大型土木機械の開発とともに，地表の形態と物質を改変する人為的営力は急速に巨大化した。こうした直接的土地改変と，これを契機として起こる加速的侵食の現象は，乾燥・湿潤を問わず，また温暖・寒冷を問わず，世界のあらゆる気候地域にみられ，超帯状的様相を呈している (TRICART et al., 1965)。

しかし，加速的侵食の様相やその速さには，現在の気候条件，土壌と風化断面などの土地的条件ならびに人類活動のタイプに対応した地域差のあることが期待される (DEMEK, 1973)。本稿では，世界の諸地域における人為的侵食の比較研究をすすめる前段の作業として，加速的侵食の速さについてデータを整理し，あわせて湿潤亜熱帯を代表する沖縄島における最近の人為的侵食の状況を報告する。

II. 加速的侵食についての若干の資料

1. 自然斜面・自然流域におけるバックグランド値

1) 侵食の速さ推定上の問題点

地表面における人類の活動により，侵食の速さがどれだけ加速化されているかを明らかにするためには，自然植生条件下における種々の地形営力による侵食の速さがわかっていなければならない。ところが今日，人類活動の影響をまったく受けていない地域はほとんどなくなってしまっているので，世界のいろいろな地域の原生自然植生条件下での侵食の速さを知りたいという希望は放棄せざるを得ない(DOUGLAS, 1967)。そこで，次善の策として，自然状態に近い植生条件が保たれている斜面やよく管理された農耕の行なわれている地域の侵食の速さをバックグランド値として採用する以外に道はない。また，同一の斜面や流域において，開発の前後における侵食のプロセスと速さの変化を比較できるデータの得られる場合はきわめて少ない。こうしたデータのない場合には，類似の環境条件下にある他の場所での観測データをバックグランド値として採用せざるを得ない。

一方，侵食の速さは，(1) 全地球についての気候と起伏のデータに基づく推定，(2) 浮流土砂量の観測による流域の平均侵食量の推定，(3) 貯水池の堆砂量に基づく流域の平均侵食量の推定，(4) 杭やピンの埋設，測量による斜面低下量の直接測定，(5) 試験わくでの実験的観測，(6) 地形面の年代を決定し，長期間 (10^3～10^8年) の平均侵食速度を求める方法，などいろいろな手法を用いて算出されている。これらの方法には，たとえば SELBY (1974) が指摘するように，いずれも一長一短があって精度上の問題がある。いろいろなタイプの斜面と流域について精度の高い測定値を得ることは容易ではない。そこで

表 1　いろいろな環境下での侵食速度のオーダ

区分			侵食速度 ($m^3/km^2\cdot yr$)	おもな文献
自然地域	世界	陸地平均，非山地	50	YOUNG, 1974
		山地	500	YOUNG, 1974
		高山地，極地	1,000～2,000	CORBEL, 1964
	日本	山地平均	500	荒巻・高山，1968；貝塚，1969
		丘陵地，低山地	50～500	荒巻・高山，1968；YOSHIKAWA, 1974
		高山地，外帯山地	1,000～10,000	荒巻・高山，1968；YOSHIKAWA, 1974
		森林	5～100	川口，1951；難波，1966
		大規模崩壊	10,000～100,000*	難波，1966；YOSHIKAWA, 1974
改変地域	農地	普通畑[a]	50～500	金子，1961
		清耕果樹園[a]	500～1,500	金子，1961
		ワタ・トウモロコシ畑(U.S)	3,000～5,000	BENNETT, 1939
		休耕地・荒蕪地 (U.S)	10,000～30,000	BENNETT, 1939
		裸地[a] (日本)	1,500～2,000	金子，1961
	建設工事中裸地[b]		5,000～50.000	WOLMAN and SCHICK, 1967；WOLMAN, 1975；KINOSHITA and YAMAZAKI, 1974
	煙害地[c]		10,000	YOUNG, 1974；PEARCE, 1976
	バッドランド[d]		100,000	YOUNG, 1974

a) わく試験地での表面侵食量，　b) 日本，合衆国東部，　c) イギリス，カナダ，
d) 合衆国，クリミア
* 100年に1回の大雨による崩壊土量 (m^3/km^2)

ここでは世界の諸地域と日本においてこれまでに得られた侵食の速さ（年間当りの全削剝量）のデータをオーダ的に整理して示すことにしよう（表1）。

2)　バックグランド値

最近，YOUNG (1974) は，世界の各地における陸上侵食の速さを扱った109の論文に記載されたデータを営力別・現象別に整理して示した。それによると，世界の陸上における侵食の速さ(全削剝量)として一般のコンセンサスの得られる数値は，世界の平均ならびに非山地域において 50 $m^3/km^2 \cdot yr$ (5×10^{-2}mm/yr) のオーダ，山地起伏のところで 500$m^3/km^2 \cdot yr$ (5×10^{-1}mm/yr) のオーダである。BROWN (1970) は，従来のデータから人類活動の影響を受けていない侵食の速さは，いろいろな環境について12～1,500 $m^3/km^2 \cdot yr$ であると推定している。

日本では，山地の平均的侵食の速さとして，ダムの堆砂量から求められた約 500$m^3/km^2 \cdot yr$（荒巻・高山，1968）という数値があり，これに溶流として流れ去った物質の量を加えた約680$m^3/km^2 \cdot yr$ (1,000 $t/km^2 \cdot yr$) という値が平均的削剝量を示すものとされている。貝塚 (1969) は，このデータから日本の山地の普通の侵食の速さは，10^{-1}mm/yr (100$m^3/km^2 \cdot yr$) のオーダであり，これは世界の平均的侵食深より1桁大きく，CORBEL (1959) のまとめた世界の山地の侵食量と同程度であることを指摘した。川口 (1951) や難波 (1966) によると日本の傾斜15°以上の林地・草地での侵食深は10^{-2}～10^{-1}mm/yr (10～100$m^3/km^2 \cdot$ yr) のオーダ，豪雨のない場合の林地，草地からの流出土砂量は 10$m^3/km^2 \cdot yr$ のオーダである。なお，PATRIC (1976) はアメリカ合衆国東部のよく管理された森林での侵食の速さは，地質学的規準 (30～50 $m^3/km^2 \cdot yr$) よりも小さい8～17$m^3/km^2 \cdot yr$ であると報告している。

自然地域の中でもっとも大きい侵食の速さが見積もられているところは，極地と新しい変動帯中の高山である。CORBEL (1964) は，氷食を受けている高山の侵食の速さを 1,000～2,000$m^3/km^2 \cdot yr$ と推定している。日本では，中央高地，西南日本外帯山地で，ダムの堆砂速度から 1,000$m^3/km^2 \cdot yr$ 以上の削剝速度が推定され，とくに黒四ダム集水域では 10,000$m^3/km^2 \cdot yr$ オーダの速い速度が見積もられている (YOSHIKAWA, 1974)。

以上のデータからみて，世界でも日本でも，とくに高い山地をのぞいた，湿潤な地域での平均的な，バックグランド値となり得る数値は，一般の山地で 100～500$m^3/km^2 \cdot yr$，低い山地や丘陵地で 10～50$m^3/km^2 \cdot yr$ であるといえよう。なお，土壌保全の分野で用いられている農耕地の許容侵食量（アメリカ合衆国で 170～850$m^3/km^2 \cdot yr$，ローデシアで砂質土 680$m^3/km^2 \cdot yr$，粘性土 850$m^3/km^2 \cdot yr$ (HUDSON, 1974 ; SMITH and STAMEY, 1965) は，やや大き目に見積もられているように思われる。

2.　土地改変に伴う侵食の加速化

人類活動に伴う加速的侵食のデータは，今世紀はじめ以来，農業地域の土壌侵食に関して多くの調査研究のなされてきた合衆国に多い。農業地域の調査研究の経験は，1960年代からはじまった都市化に伴う加速的侵食と土砂流出の問題にも早くから生かされている。

合衆国の大西洋岸では，MEADE (1969) によると，ヨーロッパ人の植民以来，土砂流出量が4～5倍に増したという。BROWN (1970) は，人類活動の影響の強い地域では，いろいろな環境下で侵食の速さが100倍のオーダで急増し，平均的侵食の速さが 1,500～85,000$m^3/km^2 \cdot yr$ になると見積もっている。

1)　農業地域

農耕地における土壌の損失量は，合衆国での初期の調査データによると，耕作形態や作物，あるいは圃場の勾配や斜面長，土性によって異なるが，ほぼ次のようなオーダである。地表被覆の乏しいワタやトウモロコシの畑で 3,000～5,000$m^3/km^2 \cdot yr$，休耕地や放棄地で 10,000～30,000$m^3/km^2 \cdot yr$ であり，これらの数値は林地での平均的侵食速度に比べて 1,000～10,000倍もの大きさである（たとえば BENNETT, 1939 ; DULEY, 1971)。

日本の農地については，金子（1961，1966，1973）がわく試験のデータをまとめたものによると，普通畑，桑園で 65～350 m³/km²・yr，清耕果樹園で 650～1,300 m³/km²・yr，裸地で 1,300～1,650 m³/km²・yr である。合衆国などの大農経営の単作地域に比べれば，わが国の農地の侵食は従来，火山山麓地やシラス台地，瀬戸内沿岸の急傾斜段畑などの一部をのぞいて，それほど顕著ではなかった。また，階段耕作による水稲栽培の普及により，傾斜地からの土壌の流亡が制御されてきた。

2）都市化地域

都市の開発・道路建設など工学的土地利用の拡大に際しては，大型土木機械を駆使して，植被の完全除去，大規模な地形改変を伴う建設工事が大面積にわたってなされる。このため建設現場の裸地から大量の土砂が流出する。GUY（1965）は，都市建設に伴う土砂生産のはげしさを，ワシントン都市圏に人口が1人流入するごとに 10t の土砂が生産されてポトマック川に流入するという数字をあげて示している。WOLMAN（1964，1967），WOLMAN and SCHICK（1967）によると，合衆国東部では，建設工事中の裸地を含む流域からは，そこが森林や農地であったときに比べて5～200倍の速さで土砂が流出したという。またごく小さい流域では流出土砂量が 20,000～40,000倍にも達するという。とくに流域全体で工事の行なわれている小流域（0.94ha）では，54,000t/km²・yr（約 34,000m³/km²・yr）という莫大な量の土砂が流出している。

最近，WOLMAN（1975）は，国際水文学会の"Effects of Man and the Interface of the Hydrological Cycle with the Physical Environment"と題するシンポジウム（パリ，1974）に提出された都市化の影響を扱った論文を総括している。それによると，合衆国・日本・カナダ・イギリス・メキシコ各国からの報告に次のような共通点があるという。（1）流域内で建設工事が行なわれている河川では，浮流物質濃度が2～10倍に増大し，（2）流域の平均侵食速度はバックグランド値の5～数百倍になり，（3）建設現場からは数千倍の速さで土砂が流出することがある。（4）日本からの事例（KINOSHITA and YAMAZAKI，1974）をはじめ，工事現場を含む小流域の平均的侵食速度は，10,000m³/km²・yr のオーダである。

3）加速的侵食の地形学的意義

上述の 10,000m³/km²・yr という数値は，日本の高山地での平均的な侵食の速さに匹敵するかそれを上回る値である。低山地や丘陵地に比較すると，3桁も大きい，文字通りの加速化された速さである。建設工事現場だけに限定すると，侵食の速さはバックグランド値を4桁も上回ることがある。都市開発などが行なわれているのは，地形的には丘陵地や山麓の小起伏地であって，大起伏地でも高山地でもない。にもかかわらず，工事中の裸地をもつ小流域からは，森林限界上に突出し，凍結・融解による岩屑生産がはげしく，かつ崩壊が多発する高山地と同程度の，あるいは豪雨によって100年に1回生起するような大規模崩壊で生産される土砂量に匹敵する速さで土砂が失われていくのである。

YOUNG（1974）が表面侵食による地表面低下量についてまとめた表（p. 69）によると，侵食の速さが 10,000m³/km²・yr をこえるのは，土石採取跡やボタ山のバッドランド化した裸地，煙害・鉱害による森林荒廃地，半乾燥地域だけである。切土と盛土によって造成される裸地では，強雨があれば著しい表面侵食とガリ侵食が生じ，荒涼たる景観が現出する。そこで卓越する地形営力は，水による侵食だけに限定すれば，日本のような湿潤地域においても，半乾燥地域に卓越するものと同じである。こうした意味で，加速的侵食は超帯状的性格をもつといえる。

しかし，卓越する地形営力と現出する地形景観は類似していても，人為的侵食の速さとその持続性には，気候条件などに由来する地域差が認められる。それは土壌の受食性や侵食可能な風化物質の蓄積量が，岩石に固有の風化特性とともに，古気候の履歴に支配されることが大きく，また侵食危険降雨の頻度や量が現在の気候条件の地域特性と深くかかわっているからである。こうした点を考慮した人為的侵食に関する気候地形学的研究を必要とする。

表 2 わが国における最近の鉱産資源生産量（1972～1973年）

区分	生産量 (10^8t/yr)	生産量 (10^8m^3/yr)	粗鉱採掘量 (10^8m^3/yr)	備考
金属資源[a]	0.023	0.0046	0.023	平均比重を 5.0, 粗鉱採掘量を5倍と仮定
非金属資源[b]	1.50*	0.58	1.16	平均比重を 2.6, 粗鉱採掘量を2倍と仮定
石炭[c]	0.28	0.20	0.40	平均比重を 1.4, 全掘削量を2倍と仮定
骨材[d]	7.70**	2.96	2.96	平均比重を2.6と仮定
合計	9.503	3.7446	4.543	

年度：a)～c) 1972年, d) 1973年；資料：a), c)「地理統計」1975年版, b), d) 岡部（1974/75）
* 87%までが石灰岩, ** 河川砂利 1.1, 山砂利 1.4, 陸砂利 1.1, 海砂利 0.7, 砕石 3.4（いずれも 10^8t）

表 3 わが国の国土開発最盛期における都市的土地利用の拡大ならびに農地造成に伴う土砂掘削量の推定（1970～1972年平均）

区分			転用面積[a] (ha)	要掘削地の比率[b] (%)	平均掘削深[c] (m)	掘削量 (10^8m^3/yr)
都市的土地利用	林地・農地転用	住宅用地	29,200	74	2	4.32
		工業用地	8,200	81	2	1.33
		公共用地	15,200	85	2	2.58
		レジャー施設用地[d]	7,600	99	2	1.50
		その他都市的土地利用	6,200	85	1	0.53
	埋立地		3,500		3*	1.05**
小計			69,900			11.31
農地造成	林地から農地への転用		31,300	100	0.5	1.57
	埋立地		2,300		3*	0.69**
小計			33,600			2.26
合計			103,500			13.57

a) 1970～72年間に転用された面積の年平均（国土庁編, 1977）.
b) 1965～75年間の土地利用転換事業の地形区分別比率（国土庁編, 1977）より推定。
c) 要掘削地における掘削深を仮定。 d) 大部分がゴルフ場。
* 盛土高を一率に3mと仮定。 ** 埋立用土砂採取量とする。

3. 掘削による直接削剥量

都市化・工業化のすすんでいる地域や, 大規模機械化農業の行なわれている地域, 鉱物資源の露天掘りの行なわれている地域などでは, 斜面の切り取りや掘削による直接の地形改変量が巨大である。最近のわが国では, 鉱物資源や骨材の採掘, 宅地・道路・鉄道・ゴルフ場などの建設のために, 年々莫大な量の土石が掘削されている。また, 大規模な農用地（おもに樹園地・草地）が林地を利用転換して造成されている。表2, 3は, こうした工事などに伴う土石の掘削量を, やや控え目に見積ったものである。なお, ここで採用した1970～73年の年代は, わが国において土地開発が頂点に達した時期であるから, 既往最大規模の直接的土地改変量を示していると考えてよかろう。

ここで推定した年間掘削量は合計約18億m^3となる。これを日本の全国土の平均削剥速度に換算すると,

4,800m³/km²・yr (4.8mm/yr) となる。この数値はさきに示した日本の山地の平均的侵食の速さの7倍である。つまり，日本の全国土を平均的にみた場合にも，人間による直接的な地形改変速度だけでも，すでに自然の侵食の速さを大きく上回っているのである。なお，1973年以降は石油危機を契機とした不況のため土木事業量は減少しているが，なお年々10億 m³ をこえる土石が掘削されていると推定される。

III. 沖縄島北部における加速的侵食

沖縄島をはじめとする琉球列島の島々では，1960年代にはじまったパイナップルの大規模栽培，1970年頃以降の別荘地・レジャー施設・道路などの建設に伴って，強度の土地改変がなされたために"赤色土"の急激な侵食と流出の現象が起きている。"赤色土"は降雨のたびに，赤濁流となって流下し，河床を高めるとともに，短時日のうちに海に排出し，沿岸の海水を汚濁するばかりか，さんご礁海岸の礁原や礁湖に堆積している。このため，陸上では農業生産基盤の悪化，水・土砂災害危険度の増大，海域では現生さんご礁の生育障害，魚介類・藻類等の生息環境の悪化など，多くの環境問題が引き起こされている。

以下には，筆者らが調査を行なってきた屋部川流域（図2）・山地名川流域（YAMAMOTO, 1976）の例を中心に，沖縄島北部における最近の開発に伴う加速的侵食の状況を述べ，湿潤亜熱帯環境下における人為的侵食の一側面を示したい。なお，ここでは人工改変斜面における侵食のプロセスと速さについて，土壌断面ならびにその人為による切断のされ方との関係から考察することに重点をおき，流域からの土砂流出については別の機会にゆずることにする。

1. 自然的背景

1） 降雨条件

沖縄島北部における年平均気温は 22°C 前後，年平均降水量は 2,400～2,600mm である（真喜屋，1972)。名護における降水量の極値は，日最大 458mm，1時間最大 108.5mm，10分間最大 27.4mm である（名護測候所，1976)。これらの値からみて，沖縄島は日本では紀伊半島・四国南部とならぶ強雨地域であるといえる。侵食危険降雨である3mm/10分以上の強度の雨は年に50回以上あり（桑長，1969)，雨の侵食能は大きい。

2） 地形・風化・土壌

沖縄島北部の地形は，脊梁部と本部半島に標高 300～450m の山地があるのをのぞいて，標高20～200m の台地・丘陵地が広い面積を占めている（花井，1961；NISHIMURA et al., 1973)。この地域の自然植生は，スダジイ，タブなどからなる常緑広葉樹林であり，二次林ではリュウキュウマツが優占する。最近の地質時代を通して湿潤温暖な気候の支配を受け，また侵食による風化生成物の除去を上回る速さで風化作用が進行したため，基盤の中・古生代千枚岩・粘板岩をはじめ，第四紀前期の堆積物にいたるまで，深層までの赤色風化を受けている。ここでは，沖縄島北部に分布する地層のうち，開発に伴ってとくに顕著な侵食を受けている鮮新—更新世の未固結砂層（HANZAWA (1935) の国頭礫層に含まれ，FLINT et al. (1959) の那覇累層の知念砂質部層と砂礫部層にほぼ対比される）と，中生代の千枚岩を対象に，それぞれの風化断面と土壌断面の特徴を記載する。

<u>未固結砂層</u>　礫層をはさみ，海岸部のほぼ標高 80m 以下の地域に分布し，段丘状地形や丘陵地をつくっている。ほぼ全層（20～30m 以上）にわたって赤色風化を受け，平坦面や緩斜面では表層に厚さ1～1.5m の赤黄色土が形成されている。この土壌のA層は，細粒分が洗脱されて粗粒化し，弱い塊状構造を示す。B層は 60cm 以上と厚く，粘土分が集積し，黄褐～赤褐色を呈し，塊状・堅果状構造が発達する。B層下部は赤色～黄色の網状斑に富む風化帯（"赤黄色風化帯"とよぶ）に漸移する。赤黄色風化帯の厚さは20～30m におよぶ。この砂層を母材とする土壌は，透水性はよいが凝集力が小さく，ミルドトンの侵食率は80～220であり，受食性がたいへん大きい（沖縄県農林建設課，1974)。

<u>千枚岩</u>　これを母材とする土壌は，平坦面や緩斜面では赤黄色土であり，その厚さは1～2m である。

土性は砂層を母材とする土壌より細粒質で，A層・B層ともにコロイド含有量が30％をこえる。A_0層は森林下では厚く，平坦な尾根上では十数 cm に達することがある。A層は粒状・弱塊状構造，B層は塊状・カベ状構造を示す。緩斜面上では，A層下部が灰白色を呈し，礫を含んで粗粒化している* のがふつうである。灰白化したA層は地表に露出すると，乾燥によりクラストを形成する。B層の下部には，基岩の構造を残さないまで風化した斑紋帯（“上部風化帯Ⅰ”とよぶ）が3～5mの厚さで接している。この下位は，10～20m 厚の基岩の構造の残る斑紋帯（“上部風化帯Ⅱ”とよぶ），10m 厚以上の青灰色に風化した部分（“下部風化帯”とよぶ）と続き，未風化岩石に移る。千枚岩を母材とする赤黄色土の侵食率は50～190で，砂層由来の赤黄色土よりはやや小さいが，受食性の大きい土壌であることにはかわりない（沖縄県農林建設課，1974）。

2．土地改変の特徴

沖縄島の自然は，よく知られているように，第2次大戦の戦火により著しく荒廃した。戦後は飛行場はじめ米軍の基地建設のため大面積の改変が各所でなされた。さらに，恩納岳に典型例をみるように，軍事演習に伴う山林・原野の荒廃の顕著なところがある。また戦後の復興期には，森林や農地の開発が推進されてきた。しかし，この段階では，基地建設や軍事演習による改変地・荒廃地をのぞいて，自然の土壌層位が大きく破壊された地域は限られていた。

沖縄島北部では，1960年代はじめのブルドーザー使用によるパイナップル畑の造成を契機として，斜面形態が大きく改変されるようになった。畑の造成にあたっては，斜面の上方を切り取り，下方に盛土するという形で傾斜畑がつくられるのがふつうである（図1－Ⅱ）。畑の勾配は15～20°をこえることもあるが，階段工法がとられるのは，一般には比高の大きい古期岩類からなる地域だけである。

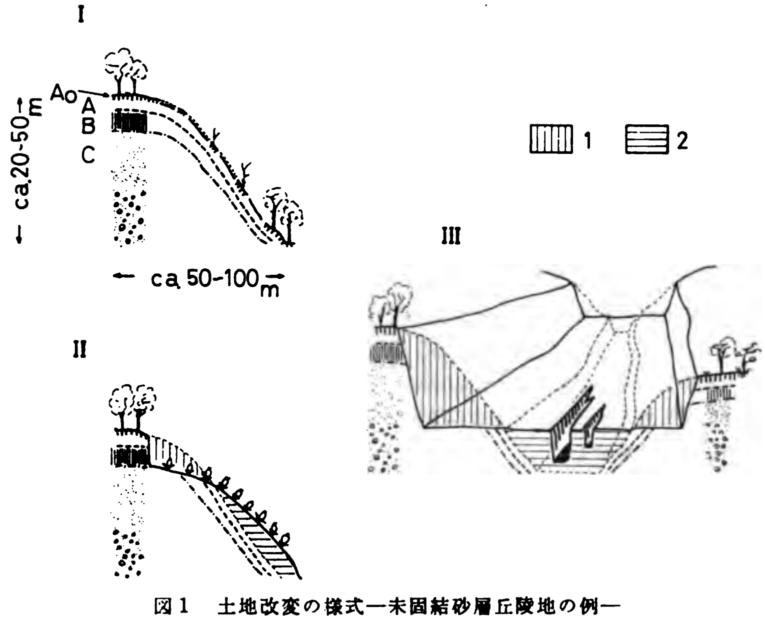


図1　土地改変の様式―未固結砂層丘陵地の例―
Ⅰ：火入れ・伐採による改変；Ⅱ：パイナップル畑造成による改変；Ⅲ：大規模切取り・盛土による改変；A_0，A，B：土壌層位；C：赤黄色風化帯；1：切土；2：盛土。

* この成因については，ポドゾル化作用（竹原，1964）や擬似グライ化作用（黒鳥・小島，1969；沖縄県農林水産部，1975）が考えられているが，まだ定説はない。

パイナップル畑では，表土の掘削がくり返して行なわれる。それは平均5年ごとに行なわれる更新時に，連作障害を防止するため，古株ごとに表土が 40～50cm も削り取られるからである。したがって，真の土壌たる A・B 層は畑の造成と更新に際して完全に除去されてしまう。パイナップルは，未固結堆積物や古期岩類の風化帯（土壌層位的には C～D 層）の上で，化学肥料を多用して栽培されているのである。

1970年頃からは，上述のような農業開発に加えて，宅地や別荘地の造成，道路・学校・演習農場などの公共施設の建設を目的とした，面積5ha 以上の大規模な開発工事が行なわれるようになった。こうした大規模開発では，尾根や谷壁斜面を大きく削って谷を埋める形の改変がなされる(図1－Ⅲ)。造成の方

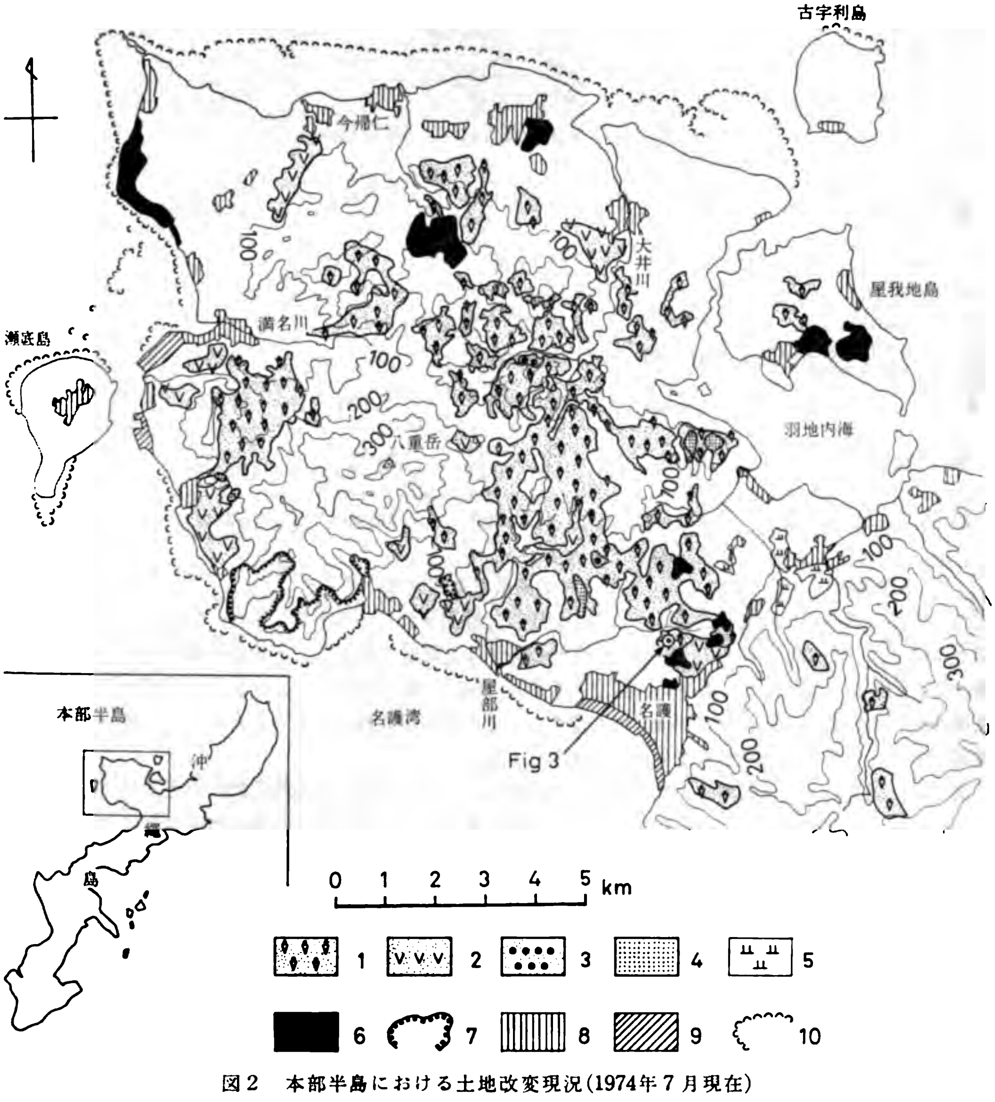


図2　本部半島における土地改変現況(1974年7月現在)
1：パイナップル畑，2：サトウキビ畑，3：ミカン園，4：茶畑，5：水田，6：大規模改変裸地，7：石灰岩採掘場，8：都市・集落，9：埋立地，10：サンゴ礁の前縁。
等高線は 100m 間隔。

表 4　沖縄島北部の改変斜面における土砂生産量の観測例

	パイナップル畑		裸　　地		
	A：1年生	B：2年生	C：火入れ地	D：宅造放棄地	E：宅造放棄地
観測斜面の面積	150 m^2	360 m^2	20 m^2	10,970 m^2	4,860 m^2
平均傾斜	15°	11°	2°	14°	11°
平均斜面長	13m	17m	5m	108m	71m
垂直断面形	下部やや凸	下部やや凸	やや凸	やや凸	直　線
水平断面形	直　線	直　線	やや凸	やや凸	やや凸
土壌・風化母材（年代）	未固結砂層（鮮新—更新世）	未固結砂層（鮮新—更新世）	千枚岩（中生代）	千枚岩（中生代）	千枚岩（中生代）
地表にあらわれた土壌・風化断面	赤黄色風化帯	赤黄色風化帯	赤色土表層灰白化A層の固化したクラスト	赤色土B層上部風化帯	下部風化帯
非侵食帯長	0.6m	2.0m	—	3.2m	4.0m
土砂生産量 表面侵食量[a)] $(m^3/km^2 \cdot yr)$	5,100	800	1,700	9,300	3,200
土砂生産量 リル・ガリ侵食量[b)] $(m^3/km^2 \cdot yr)$	41,300	60,400	—	8,300	4,200
土砂生産量 合計	46,400	61,200	1,700	17,600	7,400
観測期間	'75. 7. 9 ～'76. 8.24	'75. 7. 9 ～'76. 8.24	'74. 6.15 ～'75. 6. 3	'74. 6.15 ～'75. 6. 3	'74. 6.15 ～'75. 6. 3
同期間降雨量	2,470 mm*	2,470 mm*	2,500 mm**	2,500 mm**	2,500 mm**

a) ピンによる測定,　b) 測量による測定。
*：名護測候所のデータによる　**：与那覇岳気象観測所のデータによる

式は，大都市周辺の丘陵地などのニュータウン建設で採用されているもの（田村，1977）と同じである。切土の深さは 10～20m もあり，砂層・砂礫層の場合は上部風化帯まで，千枚岩等基盤岩類では下部風化帯までを切り取っていることが多い。盛土高も最高 15m に及んでいる。このような谷埋め造成地では，直接の削剥土砂量が 10^7～$10^8 m^3/km^2$ にも達する。そのため単位斜面はもちろんのこと，3～4 次以下の流域の全体としての自然地形も完全に失われてしまう。

図2は，以上のような農業的・都市的両土地利用による土地改変が沖縄島北部の中で，もっとも強度になされている本部半島地域の1974年7月現在の改変状況を示す。1975年に半島の西岸一帯で開催された国際海洋博に先立つ数年間に，別荘地や観光施設のための土地造成があちこちでなされた。名護の市街の周辺では，集団住宅・浄水場の建設や大規模農地造成のための工事中の裸地が多い。パイナップル栽培に伴う改変斜面の分布も広い。

3．改変斜面における侵食

図1に示すように，改変の程度に応じて地表にあらわれる土壌層位・風化断面が異なる。また，これに対応して，侵食のプロセスと速さにもちがいがみられる。表4は，いくつかの改変斜面において侵食状況を観測した結果を示す。

1）未固結砂層の斜面

改変が森林の伐採や火入れにとどまり，A_0 層・A 層上部がまだ保たれている限り，著しい侵食が起こ



写真1　未固結砂層地域のバッドランド景観(名護市大北)

ることはない。しかし，A_0層が除去されると，表面にうすい皮膜が生じ，表面流出を増加させ，割れ目に沿ってリル・ガリ侵食がはじまる。B層や赤黄色風化帯まで切り取られた裸地斜面では，細かいリル網がその全域に形成され，長く裸地のまま放置されている場合には，深いガリが刻まれ，しばしば，バッドランド景観がみられる（写真1)。

パイナップル畑では，植付け後1年以内の場合，葉面積がごく小さいため裸地と同じような侵食形態がみられる。表4のサンプル斜面Aでは，50,000m³/km²・yr 近い土砂が流亡しているが，このうち89%までがリル・ガリの侵食によるものである。リル・ガリの密度は，バッドランドのそれ (STRAHLER, 1957) に匹敵する 990km/km² という大きな値を示す。2年生以降の畑では，葉が繁茂して地表が保護されるので，表面侵食量が急減し，リル・ガリによる侵食もにぶる。ただし，サンプル斜面Bの例のように，1年目に形成されたガリがあり，その側壁が崩壊を起こして後退を続けるような場合には，なお大量の土砂が生産される。また，凹形斜面では，浸透水が集中してパイピングの形で流出するので，2年生以降の葉のよく繁った畑でも，ガリが拡大する傾向がみられる。

2)　風化千枚岩の斜面

火入れにより植生が除去されると，灰白化したA層が乾燥と塩類の集積によって固化し，亀甲状の割れ目の入ったクラストをつくる。表面侵食は雨滴の衝撃によりクラストの一部がこわされて生ずる。サンプル斜面Cのような，小面積の緩斜面では，リル・ガリによる侵食は起きにくい。斜面Dは，工事中止のまま放置されている裸地で，B層と上部風化帯が広く露出している。裸出した層位にコロイド分が多いため浸透性が小さい。そのため降雨時には，布状流が広く発生するので，表面侵食量がリル・ガリによる侵食量に匹敵する大きな値を示している。下部風化帯の露出した斜面Eは，風化岩片が乾湿のくり返しによって剝離し，それが雨水により除去されて削剝される。リルによる線状の侵食は，風化基盤の構造に沿ってはじまる。

4.　小流域における土砂生産

1)　パイナップル畑の小流域

図3は，流域の66%がパイナップル栽培地となっている小流域（面積 4.03ha）における侵食と土砂流出の状況の1例を示す。流域の地層は未固結砂層であり，リュウキウマツの二次林の残る部分をのぞいて，赤黄色風化帯が地表にあらわれるまでに改変されている。現在のおもな土砂生産地は，1年生パイナップル畑と裸地である。2年生以降のパイナップル畑では，急傾斜部や盛土部をのぞいて崩壊やガリ侵食が不活発なため，現状では土砂生産は少ない。裸地や1年生パイナップル畑では，リルが耕作用通路などの微凹地に沿って，等高線とは斜交しながら発達している。ガリは斜面下部の盛土部から発生し，斜面上部の切土部に及ぼうとしている。比高2～9mの高い切土斜面では，崩壊が多発しているが，崩落土塊は一気に流路まで達することなく，斜面上に貯留されている。

谷底には，かって，定常流のある流路に沿って水田があったが，その一部は盛土で埋められ，残りの部分は斜面から供給された土砂により埋め尽されてしまった。堆砂の厚さは，1975年8月の調査時において

最大3m以上に達していた。この例の場合は，上流部に低地があって，掃流物質と浮流物質の一部が一時的に貯留されているが，こうした堆砂地はそのまま放置されている限り，流出土砂の恒常的な供給源となる。事実，堆砂は降雨のたびに更新されながら急速に流出している。

2) 大規模谷埋め改変地

5～20ha の大規模な造成地では，谷を完全に埋めた盛土部に大きなガリが急速に形成されて，大量の土砂が流出することが多い。雨水が盛土中に浸透すると，浸透水がかっての地表面に沿って谷の中心線に集水し，大きなパイプフローとなって排水する。そのため，排出口から大きなガリが，あたかも谷が回春するような形で急速に発達するのである。ガリの谷頭の後退と側壁の崩壊による大量の土砂生産は，70～80mm/日以上の強雨時にとくに顕著である。

図1－Ⅲは，屋部川上流の砂礫層地域につくられた試験農場用の造成地における地形改変とガリ侵食の状況を概念化して示す。測量結果によると，1975年4月に4つのガリが盛土肩から形成されはじめ，同年10月までの間に約 24,000m³ の土砂が流出している（写真2）。この期間の降雨量は 1,670mm であったから，年平均降水量 2,400mm を使って年流出土砂量を単純に求めると 34,500m³/yr となる。つまり，1つのガリだけからでも，10,000m³/yr 近い土砂が生産されているのである。工事中のこの裸地では，地

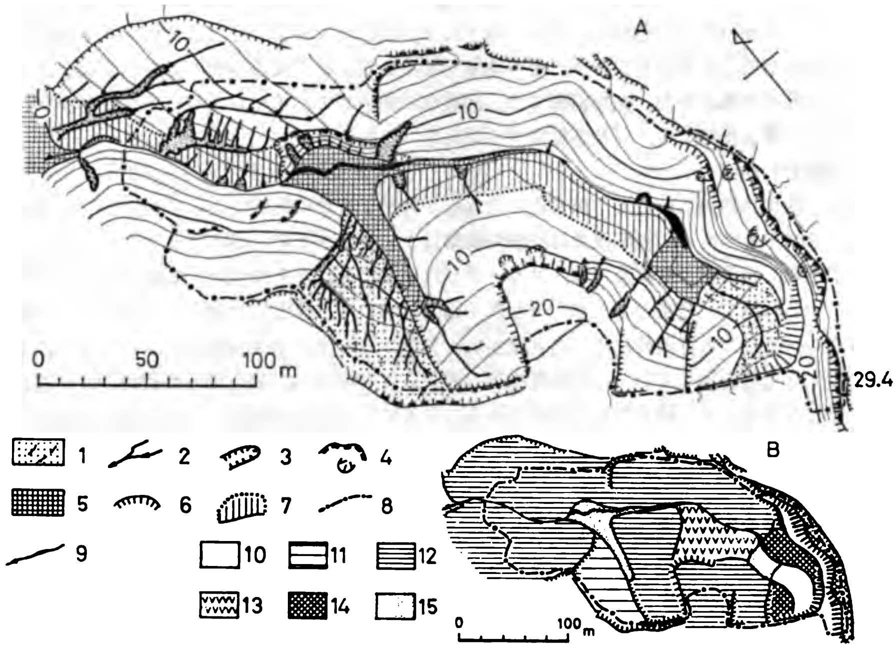


図3 小流域の侵食現況

A：侵食現況図(1975年8月現在)
1：表面侵食，2：リル侵食，3：ガリ侵食，4：崩落崖と堆積部，5：堆積地，6：切土法面，7：盛土地，8：流域界，9：水部。等高線は 2m間隔。
B：土地利用図(1975年8月現在)
10：裸地，11：1年生パイナップル畑，12：2年生以上のパイナップル畑，13：サトウキビ畑，14：草地・樹林地，15：湿地。

形の人工ならびに降雨による変化があまりに急速なため，表面侵食量は観測し得なかったが，サンプル斜面 A・B の観測値から類推して，ここでは全削剥量が 100,000m³/km²・yr のオーダに達しているものと思われる。



写真2　大規模谷埋め改変地に生じた大ガリと扇状地性堆積地（名護市為又）

IV．まとめと若干の考察

世界のいろいろな環境下における人為的侵食の比較研究をすすめるための出発点として，従来のデータから，自然地域における侵食の速さのバックグランド値を検討し，農業的・都市的両土地利用によって誘発される加速的侵食の速さのオーダを整理した。また，わが国において国土開発の最盛期であった1970年代初期を対象に，人工による地表面の直接削剥量を推定した。

1）バックグランド値となり得る自然地域での侵食の速さは，森林におおわれた湿潤地域では，一般の山地で 100～500m³/km²・yr，低い山地や丘陵地で 10～50m³/km²・yr であろう。

2）農耕地では，ワタ・トウモロコシ・果樹などが適切な保全対策を講ずることなく大規模に栽培されると，1,000m³/km²・yr 以上の土砂が流出し，休耕地や放棄地では 10,000m³/km²・yr に達することがある。

3）宅地造成・道路建設などのため改変された裸地をもつ小流域では，しばしば 10,000m³/km²・yr をこえる土砂が流出する。

4）この数値は，世界でもっとも侵食速度が大きいとされている日本の中央高地における最大値に匹敵するかこれを上回る速さである。

5）1970年代前半の土地開発絶頂期には，骨材採取・宅地造成・道路建設などに伴う地表の直接削剥量が日本全土で18億 m³ に達したと推定される。これは全国土の平均的削剥速度 4,800m³/km²・yr（4.8 mm/yr）に相当し，山地の平均的侵食速度（680m³/km²・yr）の7倍にもなる。

沖縄島北部では，1960年代初期以来のパイナップル栽培，1970年代はじめ以降の別荘地，公共施設などの建設に伴う大規模土地造成により，“赤色土”の顕著な侵食と流出が起きている。

1）改変斜面における侵食の様相と速さは，改変によって地表に露出する土壌層位または風化断面の性状によって異なる。B層または赤黄色風化帯が広く露出し，下方に盛土部を含むような斜面では，裸地や上下植えの1年生パイナップル畑の場合，10,000～50,000m³/km² という大量の土砂が流出することがある。

2）大規模谷埋め改変地では，旧谷が回春するような形で大きなガリが急速に発達し，1つのガリだけでも 10,000m³/yr 近い土砂が生産される。表面侵食量を含めた全削剥量は，100,000m³/km²・yr のオーダに達するものと推定され，長く放置されたものではバッドランド景観を現出している。

3）ここに例示した顕著な加速的侵食の現象は，受食性の高い土壌・風化断面と侵食能の大きい強雨とをもつ，自然植生が雨林である湿潤温暖地域における，強度の土地改変がもたらした人為的侵食の典型を示すものといえよう。推定された侵食の速さは，表1に示す数値の中の最大の部類に入る。

4）この地域のバックグランド値は得られないが，自然林下の丘陵地では 50m³/km²・yr をこえること

はないと思われ，よほどの豪雨がない限り，従来は“赤色土”が流出して海を赤濁することはなかった。名護で日雨量 458mm を記録したシャーロット台風の豪雨（1959年10月16/17日）では，北部全体で120ケ所以上の崩壊が発生し，166万 m^3 にのぼる土砂が生産されたと推定されている（木村ほか，1960）が，このような事変は100年に1回程度の頻度でしか起こらない。現在の顕著な加速的侵食が，通常の降雨条件下で起きていることに注目したい。

5） パイナップル更新時における表土剝ぎのくり返しと，別荘地造成等の不況に起因する工事中止による裸地の長期化が，大量の土砂が慢性的に流出する人為的要因をなしている。これはこの地域の現在の加速的侵食の大きな特徴である。

本稿はⅠ，Ⅱを門村，Ⅲを山本，Ⅳを門村・山本が分担し，門村が全体を調整した。沖縄島北部の現地調査は，1974年6月～1976年8月の間，徳永英二・田村俊和・府本礼司・多賀俊介・原田 実・前門 晃の諸氏の協力を得て行なった。この際，岸本建男，中村誠司両氏をはじめとする名護市企画室の方々ならびに琉球大学地理学教室の皆様から多大のご援助をいただいた。記して謝意を表する。

本研究の一部に科学研究費補助金（課題番号昭和51年度一般研究 C158092，昭和52年度一般研究 C 238030）を使用した。

文　献

荒巻 孚・高山 茂(1968)：河川，山本荘毅編「陸水」，共立出版，117-180.

岡野武雄(1974/75)：非金属鉱業原料の最近の動向，地学雑誌，83，364-371；84，294-301,

沖縄県農林建設課(1974)：沖縄北部傾斜地開発方式指針案，159p.

翁長謙良(1969)：沖縄における農地保全の基礎的研究（第1報）―土壌侵食に関与する2，3の降雨特性について―，琉球大学農学部学術報告，No. 16，180-187.

貝塚爽平(1969)：地形変化の速さ，西村嘉助編「自然地理学Ⅱ」，朝倉書店，164-192.

金子 良(1961)：農業土木よりみた傾斜地の性質とその保全，「傾斜地農業と土壌保全」，科学技術庁資源局資料第43号，31-69.

金子 良(1966)：農地保全，安芸・多田編「水資源ハンドブック」，朝倉書店，532-542.

金子 良(1973)：農業水文学，共立出版，286p.

川口武雄(1971)：山地土壌侵食の研究―(第1報)従来の資料による統計的研究，林試報，No. 61，1-44.

木村正昭・諸橋運治・田中正夫(1960)：沖縄における治山治水対策調査報告書，64 p.

黒鳥 忠・小島俊郎(1969)：沖縄の森林土壌概説，日林誌，51，227-230.

国土庁編(1975)：昭和52年版国土利用白書，319p.

竹原秀雄(1964/65)：西南諸島の亜熱帯性森林土壌，日林誌，46，384-388；47，1-8.

田村俊和(1977)：山・丘陵―丘陵地の地形とその利用・改変の問題を中心に―，「地域開発論(1)」，土木工学大系 19，彰国社，1-73.

名護測候所(1976)：名護の気候表，25 p.

難波宣士(1966)：森林と山地荒廃，安芸・多田編「水資源ハンドブック」，朝倉書店，548-555.

花井重次(1961)：沖縄島の地形の問題点について，辻村太郎先生古稀記念論文集，159-173.

真喜屋実彦(1972)：沖縄本島における大雨侵水災害と地域環境，琉球気象調査報告，26号，56-75.

ASCE (American Society of Civil Engineering) (1970) : Sediment sources and sediment yield. Proc., *ASCE, J. Hyd. Div. HY 6*, 1283-1329.

BENNETT, H. H. (1939) : Soil Conservation. McGraw-Hill, New York, 993p.

BROWN, E. H. (1970) : Man shapes the earth. *Geogr, J.*, No. 136, 74-85.

COATES, D. R., ed. (1974) : Environmental Geomorphology and Landscape Conservation, II : Urban. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, 454p.

CORBEL, J. (1959) : Vitesse de l'érosion. Z. *Geomorph.*, 3, 1-18.

CORBEL, J. (1964) : L'érosion terrestre, étude quantitative (Méthodes-techniques-résultats). *Ann. de Géogr.*, No. 73, 385-412.

DEMEK, J. (1973) : Quaternary relief development and man. *Geoforum*, No. 15, 68-71.

DOUGLAS, I. (1967) : Man, vegetation and the sediment yields of rivers. *Nature*, No. 215,

925–928.

DULEY, F. L. (1971) : Soil erosion. in "McGraw-Hill Encyclopedia of Environmental Science", McGraw-Hill, New York, 538–540.

FLINT, D. E., SAPLIS, R. A. and CORWIN, G. (1959) : Military geology of Okinawa-jima, Ryukyu retto, [V] Geol., 88 p., U.S. Army Pacific Off. Eng., Intell. Div., with personnel of U. S. Geol. Surv.

GREGORY, K. J. and WALLING, D. E. (1974) : Drainage Basin Form and Processes: A geomorphological approach. Arnold, London, 456p.

GUY, H. P. (1965) : Residential construction and sedimentation at Kensington, Md. Proc. Federal Inter-Agency Sedimentation Conference, U. S. D. A. Misc. Publ. No. 970, 30–37.

HANZAWA, S. (1935) : Topography and geology of the Riukiu Islands. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **17**, 1–59.

HUDSON, N. (1971) : Soil Conservation. B T Batsford, London, 320p.

KINOSHITA, T. and YAMAZAKI, Y. (1974) : Increase of sediment transport due to large-scale urbanization. IAHS Publ. No. 113, 130–136.

MEADE, R. H. (1969) : Errors in using modern stream-load data to estimate natural rates of erosion. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **80**, 1265–1274.

NISHIMURA, K., NAKATA, T. and CHIDA, N. (1973) : Geomorphology of Motobu Peninsula and islands off, west central coast of Okinawa. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 7th Ser. (Geogr.)*, **23**, 135–151.

PATRIC, J. H. (1976) : Soil erosion in the eastern forest. J. Forestry, **24**, 671–677.

PEARCE, A. J. (1976) : Geomorphic and hydrologic consequences of vegetation destruction, Sudbury, Ontario. *Can. J. Earth Sci.*, **13**, 1358–1373.

RAKOCZI, L. (1975) : Effects of man on sedimentation and erosion in rural environments. *Intern. Ass. Sci. Hyd. Bull.*, **20**, 103–112.

SELBY, M. J. (1974) : Rates of denudation. *N.Z.J. Geogr.*, No. 56, 1–13.

SHARPE, C. F. S. (1941) : Geomorphic aspects of normal and accelerated erosion. Symp. on Dynamics of Land-Erosion, Am. Geophys. Union Trans., Annual Meeting, 236–240.

SMITH, R. M. and STAMEY, W. L. (1965) : Determining the range of tolerable erosion. *Soil Sci.*, **100**, 414-424.

STRAHLER, A. N. (1956) : The nature of induced erosion and aggradation. in W. L. Thomas, Jr., ed. "Man's Role in Changing the Face of the Earth," Univ. Chicago Press, 621–638.

STRAHLER, A. N. (1957) : Quantitative analysis of watersheds geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union*, **38**, 913-920.

TRICART, J. et CAILLEUX, A. (1965) : Introduction à la géomorphologie climatique. SEDES, Paris, 306p.

WOLMAN, M. G. (1964) : Problems posed by sediment derived from construction activities in Maryland. *Rept. to Md. Water Pollution Comm.*, 125 p.

WOLMAN, M. G. (1967) : A cyclic sedimentation and erosion in urban river channels. *Geogr. Ann.* **49A**, 385–395.

WOLMAN, M. G. (1975) : Erosion in the urban environment. *Intern. Ass. Sci. Hyd. Bull.* **20**, 117-126.

WOLMAN, M. G. and SCHICK, M. P. (1967) : Effects of construction on fluvial sediments: urban and suburban areas of Maryland. *Water Resources Res.* **3**, 451-462.

YOSHIKAWA, T. (1974) : Denudation and tectonic movement in contemporary Japan. *Bull. Dept. Geogr., Tokyo Univ.*, No. 6, 1-14.

YAMAMOTO, H. (1976) : Slope processes and sediment yield on bare land in the northern part of Okinawa Island, Southwest Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ.*, No. 11, 87–96.

YOUNG, A. (1974) : The rate of slope retreat. in "Progress in Geomorphology", Spec. Publ. No. 2, Inst. Brit. Geogr., 65–78.

(1977年9月8日受理)

地学雑誌 87, 1 (1978)

関東山地北部のデッケ説について
——総　報——

内　田　信　夫*

On the Nappe Theory with Reference to the Northern Part of the Kantō Mountainland
—Review of the Research—

Nobuo UCHIDA

Abstract

H. FUJIMOTO (1937) stated as follows: 1) in the north-eastern part of the Kantō Mountainland, the Nagatoro Formation of the Ōgiri-yama which consists mainly of metamorphic green schist forms the nappe which moved from the north upon the Chichibu Paleozoic Formation, and 2) the Chichibu Formation in the neighborhood of Yasudo, which exists in the Ōgiri-yama nappe, makes up a fenster, while the Chichibu Formations in the neighborhood of Dōdaira-yama, Ōtakatori-yama and in other regions form klippes derived from the nappe which moved from the north over again upon the Ōgiriyama nappe. Furthermore, FUJIMOTO and others (1943) stated that in the northern part of the Kantō Mountainland the Atokura Formation (Cretaceous) forms klippes derived from the nappe which moved from the northeast upon the Nagatoro metamorphic terrain and the Chichibu Paleozoic Formation.

In this paper the writer tries to make a general review of the opposite or affirmative studies by many geologists on the nappe theory by FUJIMOTO. On the "Ōgiri-yama nappe", the writer supports the SEKI's view which opposes to the one held by FUJIMOTO. The Chichibu Formations in the neighborhood of Yasudo, Dōdaira-yama, Ōtakatori-yama and others do not form a fenster or klippes, but overlied conformably upon the Nagatoro Formation and later isolated from each other by erosion. On the "Atokura klippes", the writer considers that the Atokura Formation does not form klippes but consists of autochthonous sedimentary rocks, because some of the contact planes between the Atokura Formation and the Nagatoro metamorphic rocks dip to the north, and the Nagatoro metamorphic rocks occur in the hanging wall.

I. まえがき

関東山地北部の大霧山デッケ説その他が，藤本治義によって唱えられて以来約40年が経った。その間，本域の地質学的研究では，この説の当否の解決を直接の目的とはしない研究でも，構造上からはこの説の存在は避けて通ることのできない問題であったことは，誰しも否定できないと思われる。そして，その後

* 成蹊高等学校　Seikei High-school.

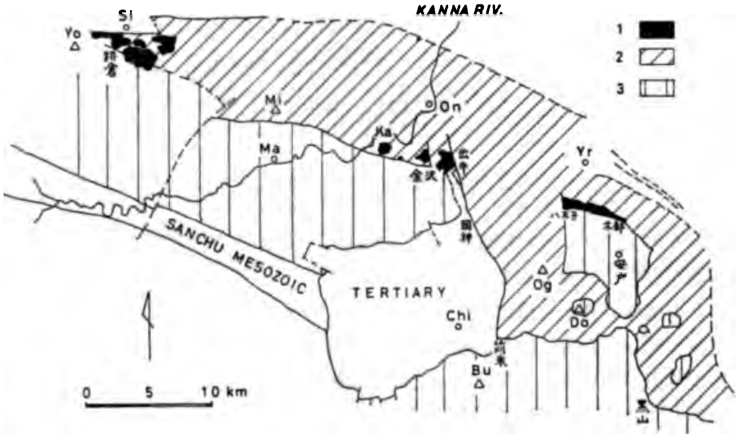
の研究では，筆者自身も含めて概して否定説が多かったことは，次々節にまとめてある通りだが，最近になって，コノドントの研究から，藤本のいうデッケとは別の，大規模なデッケ構造を考えざるを得ない気配にもなってきたようである。それでこの機会に，藤本のデッケ説にまつわる諸研究を概観紹介し，さらに今後の問題点を展望してみたい。

尚，以下の文中の（注）の部分は，内田自身によるコメントである。

II. 藤本治義のデッケ説

藤本治義は1937年の論文において“関東山地北東部の，ほぼ南北に走る出牛—国神断層より以東の長瀞系は，秩父系の上に，北方から衝上してきた大規模な押し被せ地塊(大霧山ナッペまたはデッケ)であり，その内部の安戸を中心としたほぼ4 km 四方の秩父系は，その大霧山デッケが，侵食をうけて基盤が顔を出したいわゆる地窓（フェンスター）に当たり，またその南方において長瀞系の上に小範囲に点々と分布する秩父系は，さらにその大霧山デッケの上に2重に押しかぶせてきた地塊の侵食残部，つまりクリッペ（堂平山クリッペ群）である。”という説を発表された。

その後，出牛—国神断層以西の長瀞系（と秩父系との境界付近で）の上に点々と分布する跡倉中生層についても，1942年，クリッペ説（跡倉クリッペ群他）を学会で報告，詳細な論文は戦後1953年，渡部景隆・沢秀生との共著で発表された（第1図参照)。



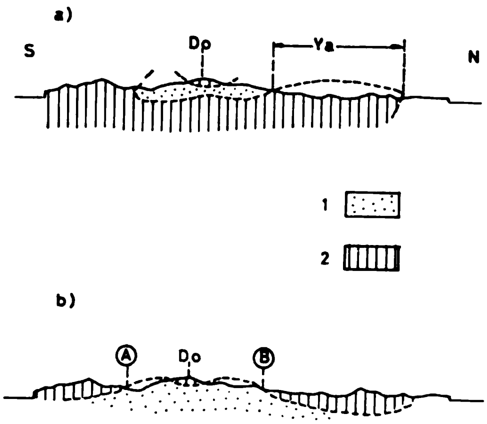
第1図　藤本による大霧山デッケ，堂平山クリッペ群および跡倉クリッペ群の分布(秩父多摩国立公園地質図—1953—より)
Yo：四つ又山　Si：下仁田　Mi：西御荷鉾山　Ma：万場　Ka：神山
On：鬼石　Yr：寄居　Og：大霧山　Do：堂平山　Bu：武甲山　Chi：秩父市
1．跡倉層　2．長瀞系　3．秩父系

（注）ここで念のため古今書院刊行の『地学辞典』—1935—からデッケやクリッペの説明を再録しておく。

推し被せ構造，Nappe Structure(英)，Decken Structur (独)，····横臥褶曲又は推し被せ断層によってはなれた場所から本来の基盤でない地盤の上に移動した累層群

クリッペ，Klippe (独)····押し被せによってずり動いた地塊が侵食作用によって孤立するようになった“根無し地塊”

ここで，上記のようなデッケ説の根拠になったと思われる野外観察上の事実と，それから導かれた推論とを，東部の大霧山デッケ他については主として藤本の日本地方地質誌『関東地方』—1951—から，また西部の跡倉クリッペ群については秩父科博報告の“関東山地北部の推し被せ構造”—1953—から筆者なりに抜粋してみる。



第２図　堂平山を通る南北断面図
a)藤本説(「関東地方」—1951—p. 56 より)
b)関説(関—1957—より)
Do：堂平山　Ya：安戸フェンスター
1．長瀞系　2．秩父系
Ⓐ，Ⓑ　本文 p. 24 参照

(A)　大霧山デッケ他について（第２図 a）参照）

（1）　関東山地北部の長瀞系の分布が，出牛—国神断層を境としてその東部が見かけ上南方へ約 6 km ずれていること。長瀞系以南の中・古生層はほぼ西北西—東南東方向に帯状分布をしているのに，長瀞系のみ上記のようにくい違っている。これから東部の長瀞系は南方へ衝上断層によってほぼ水平に移動した大規模なデッケ岩体と考えた。

（注）　ここにいう長瀞系とは，従来の三波川系・御荷鉾系を一緒にしたいわゆる変成岩系を指し，ある理由によって藤本(1939)はこう新唱した。

（2）　安戸を中心としたほぼ 4 km 四方の秩父系は地窓と考える。

（注）　この発想の誕生は別にはっきり書いてないが，恐らく地形的にこれら秩父系が低部を占めていることから出たものであろうか。

（3）　堂平山，琴平山，関堀，大高取山に分布する秩父系は，大霧山デッケの上にさらに２重に押しかぶせてきた地塊(堂平山デッケ）の侵食残部群（堂平山クリッペ群）である。

（注）　この発想も，恐らくこれらの分布域が地形的に高所を占めていて，安戸フェンスターみたいに地窓（基盤のもの）とはどうしても考えられないということから出たものであろうか。

（4）　以上のデッケおよびクリッペ群説が真実とすれば，それらそれぞれにおいて他岩体との境界付近に低角度の衝上断層が存在する筈であるが，

ⓐ　大霧山デッケの南縁（苅米—黒山線）に沿っては，芦ケ久保村楢久保の北方山腹，梅園村滝ケ谷部落入口などで，上盤のデッケ岩体（長瀞変成岩類）と下盤の秩父系岩体（チャート，粘板岩，シャールスタインなど）との境界面がみられる。そして（その他の推定境界も含めて）それらの境界面は，N落ちであったりW落ちであったり，また角度も55°とか70°とか，あるいは垂直に近いようであるとかが報告されている。

（注）　こういう風に断層の傾斜角は必ずしも低角度でないようだが，藤本は大霧山デッケの尖端については，突っこんだ押しかぶせ（plunging sheet）に相当すると考えているので，この南縁に沿う両岩体の境界が広範囲にみても低角度でなければならないことはない。まして上記のような個々の数m 範囲の露頭での断層の傾斜角の大小は，藤本説の当否の判定材料にはならないわけである。つまり個々の露頭でのデータを一々とり上げて反対するわけにはゆかないのである。

ⓑ　安戸フェンスターについては，朝日根近くの槻川左岸，笠山北麓，平村などにおける両岩体の境界付近で，何れも境界面そのものは観察できないが，周囲の状況から察して外側へ緩傾斜しているようである。また境界面に近接した両方の岩石は著しく破砕され，特にデッケを構成する上盤の御荷鉾式変成岩はそれが著しい。そして広くみて大霧山デッケを構成している長瀞系が，秩父系より成る安戸窓を完全にとり巻いていることなどを強調している。ただし西方を限る境界は直線状だが，これは第三紀後に生じた断層そのものに一致していると言っている。

ⓒ　堂平山クリッペ群については，ここではそのうちの堂平山クリッペのみについて取り上げておくが，その北西隅の堂平山と笠山との鞍部においては，垂直のチャート（秩父系）が緑色片岩（大霧山デッケ岩

体）の上に，また南西隅の白石峠に近い鞍部でも，暗緑色の珪板岩（秩父系）が緑色岩の上に，それぞれのっている。そしてこの堂平山クリッペの境界面は全体として西方で高く東方に低く，しかも決して平坦ではなくてうねりをもち，上盤の秩父系と下盤の長瀞系との関係は，明らかに機械的接触面で，普通の堆積関係とは容易に区別されると言っている。

（注）この最後の文章の意味は，恐らく“整合関係で秩父系がのっているのでは決してない”ということを言っているのであろう。

（5）そして，大霧山デッケ岩体の根部（ウルツェルあるいはハイマート）については，安戸地窓の北縁に存在する八王子—木部線を西方の長瀞系の南縁を限る跡倉—金沢線（いわゆる御荷鉾構造線）の延長に当たるとみて，それ以北に存在する長瀞系（ここは別に外来物 exotic であるという証拠もないので）に求めている。従って移動方向は北方から南方へ距離は6 km 前後。また堂平山クリッペ群のハイマートは一切不明だが，移動方向は上記の大霧山デッケのそれと関連させて多分北から南へと，また時代は秩父系以降（post Permian），秩父盆地の第三系以前で，多分山中中生層（物部川統）以後の白亜紀末であろうとしている。

(B) 跡倉クリッペ群他について

これら跡倉中生層より構成されるクリッペ群は，西方から Ⓐ 跡倉クリッペ群（跡倉クリッペ他8個）Ⓑ 神山クリッペ群（神山クリッペ他2個）Ⓒ 岳山クリッペ群（浦山クリッペ他3個）に分けられ，主として礫岩，砂岩，粘板岩およびそれらを貫く石英閃緑岩から成るが，

（1）分布は，跡倉クリッペ群中の野々上クリッペが秩父系内に，また栗山，細見，岳山の3クリッペが長瀞系と秩父系との境界付近で両系にまたがって存在するほか，他はすべて跡倉—金沢線より北側，つまり長瀞系上に存在している。

（2）これらクリッペ群は殆んどすべて基盤岩体との境界面はゆるやかな波状面をなし，底の浅い岩体である。そしてその跡倉層の層理はこの境界面に斜交しているので，この境界面は断層（つまりこの場合衝上断層）である。そのスラスト面は南牧川，跡倉谷（青倉小学校前），栗山川他で実際観察される。またフェンスターも各所でみられる。

（3）石英閃緑岩類は跡倉層に迸入（まわりは圧砕岩化している）している。そしてこれらもデッケ運動に参加している。

（4）跡倉クリッペの構成岩体もスラスト面に近いところは圧砕岩化（一部角礫岩化）し，また基盤（の特に緑色岩）も圧砕をうけ断層粘土が存在しているところが多い。

（5）これら跡倉層の時代は化石を産しないのではっきり断定はできないが，下仁田町西南方の小沢山南斜面産の化石から恐らく手取統（あるいは領石統）に対比されるであろう。

（注）この小沢山の跡倉層類似岩体は，すぐ北側の四つ又山岩体と共に，始めはクリッペを作るとされていたが，1953年の論文では取り消されている。というのは，小沢山岩体は中の巨礫岩（基底礫岩）をもって秩父系（型の砂泥互層）の上に不整合に，また四つ又山岩体は山の神沢で秩父系型砂泥互層に整合にのっているようなので，何れにしても現地性の堆積物と考えざるを得なかったからである。この小沢山岩体の存在は，跡倉クリッペ群を北方（内帯）から押しかぶせてきたとする考えにとって相当厄介なしろものであったらしく，藤本はもともと原跡倉中生層は内・外帯両方にまたがって広く存在していたとも考えざるを得ないと言っている。尚，この藤本のいう秩父系型砂泥互層はその後鈴木により，さらに跡倉団研による化石の発見によって，跡倉層そのものであることが判明したことは後述の通りである。

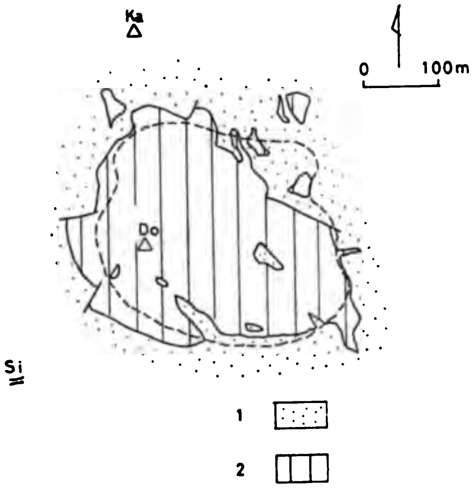
（6）推しかぶせの方向については，その機構を東方の大霧山デッケのそれと同じものと仮定した上で北方からと考えた。またハイマートに関しては，下仁田北方に存在する南蛇井層に求めうるかも知れないとしている。

III. その後の研究

さて，以上の藤本のデッケ説の発表以降，この説の当否判定を直接の目的とする研究や，他の目的をもつ研究に付随してのべられた意見などが相当ある。それらを大霧山デッケに関するものと跡倉クリッペに関するものとのおのおのにつき，否定的見解，肯定的見解，および留保的見解に分けて発表年代順に，以下要約してみよう。

(A) 大霧山デッケ他について

（1） 井尻正二他計7名（1944）は，上記の藤本の3階建式デッケ説に疑念をいだき，特に堂平山クリッペの周辺，および大霧山デッケの南縁について団体研究による精査を行なった。その結果，藤本のいう境界付近での両系の関係は衝上断層では決してなく，長瀞系の緑色岩類（変はんれい岩ないし変輝緑岩）が秩父系の珪質岩類他に迸入している処が至る処にみられることから，デッケ説を全面的に否定した。堂平山はこれら緑色岩類より成る火成岩塊上のやや大きなルーフペンダントとみた（第3図参照)。つまり藤本が自分で引いたスラスト面よりも秩父系側にある緑色岩類をすべて秩父系中の輝緑凝灰岩（いわゆるシャールスタイン）とみたのに対し，著者らはそれらは長瀞系中の緑色迸入岩と岩質の上でも少しも区別出来ないと考え，また藤本がスラスト面よりも長瀞系側に存在する珪質岩をすべて御荷鉾式変成岩中の珪質岩とみたのに対し，著者らは緑色迸入岩によるゼノリスだとみたわけである。



第3図　井尻他による珪質岩・緑色岩の分布（井尻―1944―より）
---は藤本による堂平山クリッペの境界線
Ka：笠山　Do：堂平山　Si：白石峠
1．緑色岩類(長瀞系)　2．珪質岩類（秩父系)

（注） 著者らは，当域の変はんれい岩ないし変輝緑岩と名付けた明らかな迸入火成岩と，その他の緑色片岩（恐らく朱雀智介―1941―の言う変火山岩類，変火山砕屑岩類のこと）とを野外で区別して塗色したと言っている。そして後者についても多分に変質迸入岩の特異なものとの考えをもっていたようである。この考えの当否はあとで述べるとして，ともかくもまず岩質を素直にみてゆこうとする態度から出発されたことは偉とするに足りる業績と言えよう。

（2） 前田四郎（1954）も槻川沿岸で緑色岩類と秩父系との関係を調べ，前者は後者に貫入しているとみて，藤本のデッケおよびフェンスター説に疑問を呈した。

（3） 関陽太郎（1957 a, 1957 b, 1960）は，その後変成鉱物による変成分帯の研究をこの地域で行ない，地質構造に関しては次のような見解をもった。当域の北方に分布する結晶片岩類(これはさらに下位に点紋部，上位に無点紋部と2分できる)はゆるく南東に向け傾斜し，その上に整合に，主として火山性物質（溶岩や凝灰岩）より成りその中にチャートの薄層や輝緑岩，はんれい岩および蛇紋岩の岩床状貫入体をもった岩層（従来御荷鉾層と呼ばれてきたもので，藤本のいう長瀞系）がのり，さらにこれらの上位に秩父古生層（主として珪質岩および粘板岩より成る）が整合にのっていて，全体の構造はゆるく波打っているとみた。つまり藤本のいう安戸フェンスター，堂平山クリッペ群，苅米―里山線以南の秩父系は本来一つづきのものとして，第2図b）のような断面図を描き，藤本のデッケ説を否定している。

（注） 井尻らの考えが，藤本のいう長瀞系(緑色岩類)の大部分を迸入火成岩と，つまり秩父系よりも後期のものとみたのに対し，関の考えは緑色岩類の大部分を噴出岩源の堆積岩と，つまり秩父系より古い

下位の層準(上部では勿論一部互層している)のものとみた点が，両者の相異点となっている。関の論文では地質についての精しい記載はないが，その後安戸研究グループ(1974)によっても，堂平山北方の赤木沢で御荷鉾緑色岩帯から溶岩流が発見報告されているし，内田も槻川，赤木沢，西平付近をわずかな日数ながら歩いてみて，この付近の緑色岩類は，明らかな粗粒の変はんれい岩は別としても大部分（変輝緑岩といわれてきたものすら）噴出岩および砕屑岩類起源のものと思うので，デッケ説否定の論拠についても関の見解に全面的に賛成である。つまり井尻らの迸入関係にあるというところは，一部（変はんれい岩）にはそういうところもあるかも知れないが，それ以外の緑色岩類は実は堆積凝灰岩類で，珪質岩類とは互層をなしているものかも知れないし，また珪質岩類をゼノリスとして捕獲しているというのも，一部にはたしかにそういうのもあるかも知れないが，相当部分は凝灰岩源の緑色岩中にはさみとして同時堆積した珪質部が，あとからの変動で恰もゼノリスみたいにみえるところもあるのではないか。

（4） 木村敏雄，吉田鎮男（1973）は，関東山地中・北部における褶曲構造の研究から，大構造として安戸地窓の北と南をほぼ東西に走る古期の背斜部と，安戸地窓の東と西をほぼ南北に走る新期の撓曲軸(の隆起部）の存在から，三波川結晶片岩類はそれらの背斜部に現われており，一方それら隆起部に囲まれた盆地状構造の部分（向斜軸の交叉部）において，変成岩（長瀞系）の上の弱変成古生層（秩父系）が侵食にとり残されたものが“安戸地窓”に他ならないとのべている。

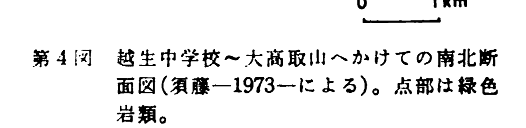
（注） 大霧山付近の長瀞系が，西方よりも約6 km 南へずれて分布している事実について，はっきりうたってはいないが，その辺が背斜部に当たるため，西方よりも，より深部の長瀞系が現在地表に露出するに至っていると考えているのであろう。あるいは出牛—国神断層で東部一帯が少々相対的に隆起したと考えねばならぬかも知れないが。

（5） その後木村敏雄（1977）は，大霧山デッケの南縁を調査し，北側の長瀞系の緑色岩類と南側の秩父系との関係は一種のデコルマ（辷り面を伴う非調和褶曲）であって，長瀞系は秩父系の下位にもぐり込んでいると考えた。また小坂和夫（1977）も，安戸フェンスターを構成する秩父系の層序と構造を調べ，秩父系はある（未発見ながら）デコルマ帯をへだてて緑色岩類（長瀞系）の上にのるものとみた。

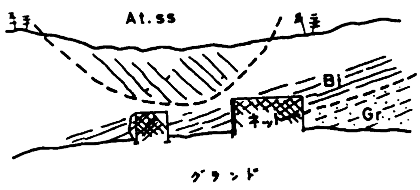
以上デッケ説に否定的見解の主なものについてのべたが，勿論肯定的な見解もある。

（6） 須藤和人，松丸国照（1973）は，町立越生中学校のグランド拡張工事のさいに，“緑色変成岩類の上に黒色粘板岩が大規模に衝上している”露頭が出現したことを，（故）森川六郎によって，1971年知らされたので，藤本のいう大高取山デッケおよびその周辺の地質の再検討を行なった。そして当域に北から越生，堂山，大高取山（前2者は追加新称）のおのおのが，何れも緑色変成岩類の上に低角度の衝上断層（一部は推定）で接しているとして，多数の露頭写真も添付の上，藤本のクリッペ説を再確認した。

（注） 藤本の論文でもそうであるが，本論文でも珪質岩と緑色岩類との接触部に断層粘土（厚さ 10cm 程度の）の存在が強調されているが，また筆者もその事実を否定はしないが，こういう古い地層では，しかも珪質岩(や砂質岩)と粘板岩，緑色片岩など硬さのちがう岩体の接触部では，大規模な（押しかぶせ構造を作るような）衝上面付近に限らず，このような辷り面があちこち存在しているのではなかろうか。また越生中学校のグランド裏の露頭は筆者も見に行ったが，須藤の報文に添付されている写真の通りまことに見事なもので黒色粘板岩が緑色変成岩上に低角度でのっているが，筆者はこれを御荷鉾緑色岩中にはさまれて堆積した厚い泥岩層（こういう例は筆者の調査中である関東山地北部の鮎川・雄川沿いの御荷鉾緑色岩層の内部にも存在する）源の粘板岩層とも見做せると考えている。また仮りに秩父系の粘板岩だとしても，須藤らの描いた断面図(第4図参照)をみても分る通り，越生・大高取山各クリッペの大局的な層理構造からみてこれらの秩父系は緑色岩類上にほぼ整合に，(あるいは少々相互に辷っているかも知れないが）重なっているとみても少しも差支えないように見える。わざわざ遠くからもってこなくてもよいのではあるまいか。それよりもむしろ筆者にとっては，グランドの野球のネット裏で，



第4図　越生中学校～大高取山へかけての南北断面図(須藤—1973—による)。点部は緑色岩類。
Og：越生クリッペ　Ot：大高取山クリッペ
（クリッペ岩体内の実線は層理を示す）



第5図　越生中学校グランド裏の露頭（内田原図）
At. ss：跡倉砂岩　Gr：緑色岩
Bl：黒色粘板岩

上記黒色粘板岩の上に，境界面に対して相当の高角度で斜交した層理をもってのる砂岩層の存在が気になる（第5図参照）。須藤の報告ではこの露頭については“上盤は秩父系の岩石より成り，黒色粘板岩の上に灰色ないし灰緑色粘板岩，アルコーズ粗粒砂岩が続いている”とされているが，この砂岩は明らかに粘板岩に対してやや彎曲した断層で接し，しかも跡倉層の砂岩にそっくりだからである。

(B)　跡倉クリッペ群他について

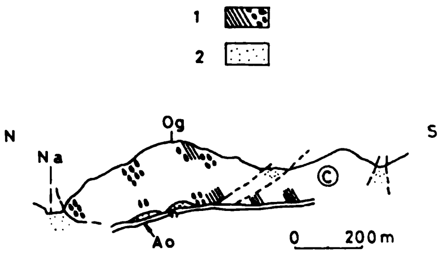
先ず否定的見解から年代順にあげてゆく。

（1）鈴木好一（1955）は，下仁田町南方栗山川の堰堤建設に関連して跡倉層や緑色岩類の分布を調査，藤本の跡倉—金沢線よりも南方の秩父系型の砂岩泥岩層（南牧川や青倉川沿いの）は，東方へと藤本のいう栗山クリッペを作る跡倉層に確実につづくし，また藤本がその秩父系中のシャールスタインと塗色しているものも東方の長瀞系の緑色片岩に確実につづき，また岩質上からも全く区別できないとした。そしてその拡大された跡倉層も含めて，跡倉層と長瀞系との関係はすべて断層で，藤本のいうようにたしかに波状の衝上断層もあるが，相当高角度，場所によっては垂直のところもあり，鷹の巣沢では逆に長瀞系が跡倉層の上にのし上っているところさえあるので，藤本のいうクリッペ説はこの地域に関する限り証明しにくいとみた。

（注）この論文の存在は，1960年跡倉団研によって南牧川沿いの，藤本のいう秩父系型砂泥互層から化石が発見されて，一躍跡倉層の分布が拡大された以降に筆者は知って，その岩相認識の適確さに驚きの念を禁じ得なかった。

（2）秩父団研グループ(1961)は神流川流域の秩父古生層の層序・構造を調べ，従来の藤本(1935)の調査結果と異なるベースン・ドーム構造の存在を明らかにした。そして調査域内に存在する神山クリッペについては，結晶片岩系（藤本の長瀞系）の上に水平に近い境界面（恐らく断層）をもってのっているので形態上は移動岩体にみえるが，恐らく不整合面が滑動したものであろうと考えた。

（3）内田信夫（1961，1962b）は，下仁田町南方の御荷鉾緑色岩類の調査を行なううち，本域西南部の四つ又山地域の跡倉砂泥互層が，grading の上から逆転していることに気付き，藤本が現地性とみた四つ又山・小沢山地域の地層の大部分が西北側から押しかぶせているという四つ又山押しかぶせ構造を報告したが，そのさいその押しかぶせの基盤に当たる砂泥互層も，跡倉団研による白亜紀の化石の発見から同じ跡倉層とみて，その分布を東方へと拡大した。そして青倉川沿いにおける拡大された跡倉層（第6図のC岩体。これを藤本は秩父系とみていた）とその北側の御荷鉾緑色岩体との境界面（ここが藤本の跡倉—金沢線に相当する）が，相当広範囲にわたり北方に高角度で傾斜していることから，跡倉クリッペ群の北方からの押しかぶせ説に疑問をもった。そしてクリッペ説を，それらクリッペ岩体の底が浅いこと，つまり下位の基盤岩との境界面が波状の断層であること（そしてそれに伴う断層粘土の存在）のみを根拠にして唱えるならば，このC岩体の存在は重大な反証となろうから，別の証拠（例えばこれら跡倉層が本来内帯のメンバーであるといった風なこと）がない限りは，一応クリッペ説は白紙に戻して，本来この付近に堆積した現地性のものとみなした方が素直であろうと述べた。



第6図　大崩山を通る南北断面図（内田—1962b—より）
Na：南牧川　Og：大崩山　Ao：青倉川
1. 跡倉砂岩，礫岩　2. 緑色岩
©文中のC岩体

（注）勿論筆者も，第6図にみられる通り大崩山（や御岳クリッペ）は，藤本のいう通り底の浅い岩体であると考えている。しかもその境界面に対して跡倉層群

の層理は相当な高角度で斜交しているのだから，その境界面は断層である。従って何れにしても基盤(の緑色岩類)との間に相対的な移動はあった筈である。ただ内田は，この付近(多分長瀞系および秩父系の分布域にまたがって)に堆積した原跡倉層が，その後の変動で褶曲化するさい，少々，多分せいぜい数10m ないし数 100m 程度，基盤岩に対して辷ったと考える。そして基盤の緑色岩の一部も，その跡倉層内部の辷り面（断層）に沿って下方から固体のまま絞り出されたとみたのである。

（4） 飯島治男（1964）は，出牛—国神断層に近接する藤本のいう岳山クリッペ群の調査を行ない，藤本が基盤とみた（秩父系の）粘板岩層を跡倉層のメンバーとみなし（理由は近くの跡倉礫岩層と整合につづくからであり，従ってそこには藤本のいうようなスラストはないと言う），その拡大された跡倉層と基盤（長瀞系および秩父系）との境界はすべて高角度の断層をもって接している地質図および断面図を描いている。

（注） 従って，はっきりと文中にうたってはないが，クリッペ説に否定的見解と内田はみる。

（5） 出牛—国神断層よりも東方の，安戸フェンスターの北縁を限って，丁度跡倉クリッペ群の地理的分布の延長上に栃谷層というのが存在するが，これについては藤本（1953）は跡倉押しかぶせの延長がこの方面にまで伸びている疑いがあるとしている。この栃谷層については，前田四郎(1954)によると，たしかに跡倉層に類似の岩層ではあるが，これに対して南側の（安戸フェンスターを構成する）秩父系が，むしろ高角度でのし上っているような関係なので，西方の跡倉・神山・岳山クリッペ群と同一には論じられないと言っている。また小勝幸夫他（1970）も，栃谷層の南縁（秩父系に接する），および北縁(結晶片岩系や金勝山石英閃緑岩体に接する）とも，垂直に近い断層で接していて，かつその内部の層序もかなり整然としていることなどから，現地性のものと考えると言っている。

以上跡倉クリッペ群説に否定的な研究成果をあげたが，肯定的なものとしては，

（6） 新井房夫他（1963，1966）は下仁田地方の跡倉礫岩を中心とする地質学的研究を行ない，a）南牧川沿いの藤本により秩父系とされていた地層から上部白亜系（浦河統～ギリアーク統）に属する化石を見出し，b） 川井山石英閃緑岩およびこれによるホルンフェルスと跡倉層との関係を，溶結不整合とも言うべき新しい概念を提唱して前者を先浦河世のものと考えた。c）層序については，叶屋層（下部白亜系？）中の萱層（ギリアーク統），跡倉層（浦河統）に分け，さらに跡倉層を，跡倉礫岩（基底礫岩），跡倉下部層，跡倉上部層と3分した。d）構造に関しては，風口橋～万年橋～山の神沢に分布する跡倉上部層（これ自身も何者かの上に衝上しているとした）の上に，大北野沢から西方 641m 峯の南斜面につづくスラスト面をもって跡倉下部層(および川井山石英閃緑岩・ホルンフェルスも？)が押しかぶせ，さらにこれの上に641m 峯の石英閃緑岩がのっている，という3階建（基盤から見上げると4階建？）押しかぶせ構造を一応唱えておくとしている。e）さらにこれらデッケのハイマートとしては，川井山石英閃緑岩・ホルンフェルスと類似の岩体が，東北方約4 km の千平付近に存在することから，著者らのいう下仁田構造帯にその根部を求めている。

（注） この1963年の論文には断面図がないので，著者らのデッケ説に対する判断に苦しむところもある。例えば，a）叶屋層や中の萱層は跡倉上部層と共にデッケ体をなすと考えているのであろうか。b）万年橋～風口橋へかけての跡倉上部層がデッケ体をなすとはどういう根拠からそう考えるのであろうか（内田—1961—の逆転層は，万年橋のやや南から山の神沢・四つ又山へかけてである）。著者らの1966年の論文に描かれている断面図をみると，跡倉上部層は恰も根の深い現地性の岩体のように図示してあるが!!”

（7） 藤本治義・坂本治（1973）は，神山の北西斜面で，下久保ダム構築用の石材（跡倉砂岩）を採取するために巨大な露頭が新しく出現したのを機会に，この辺の再調査を行ない，下位の緑色岩と上位の跡倉砂岩との直接する露頭写真を追加，全体として両岩体の境界面は北方にゆるく傾斜し，また境界に沿って殆んど全域にわたり破砕帯が認められ，著しい圧力下でデッケ地塊が移動してきて境界面が形成されたとして，神山クリッペの再確認を行なった。

（注） この神山岩体が底の浅い岩体で，境界面がゆるい波状の断層であることは，秩父団研も筆者も全

面的に認めているのである。従ってここでは論点は相対的移動量の問題に絞られる。藤本のいうように神山クリッペ体が本来内帯の要素で，北方三波川帯をこえて水平移動してきたものなら，その距離は7～8 km 以上になるであろう。筆者は前述の本項（3）のコメントでのべたような見解から，本来この近くに堆積したものが褶曲運動に伴って少々辷ったものとみるのである。

最後に，留保説ともいうべき見解を紹介して，この項を終るが，

（8） 井上正澄（1974a）は，神山南方の城峰山東方の尾根筋から北方斜面へかけて跡倉層と思われる岩体の存在を報告，基盤（ここでは秩父系）との関係は両者が直接する露頭がないため不明であると言っている。また井上（1974b）は山中“地溝帯”も含めた関東山地一帯の大構造の研究から，跡倉層が南北性の褶曲構造の向斜部に点々と残存していることから，もともと長瀞系と秩父系とにわたって広く分布していた跡倉層が，現在はその向斜部に沿って侵食からとり残されたとみている。ただし，その侵食される以前の跡倉層全体が現地性のものなのか，あるいはデッケとしてどこからか押しかぶせてきたものか，についてまでは言及していない。

IV．今後の展望

以上総括紹介したように，現状では大霧山デッケ説・跡倉クリッペ説とも否定的見解が多い。しかし数の上で多いことが必ずしも真実に迫っているとも言えないだろう。

筆者は前節のコメントでのべたように，跡倉層は現地性堆積物と考えてはいるが，この考えの弱点の一つは，まだ不整合面（長瀞系または秩父系上にのる）がみつかっていないことであろう（下仁田西南方の中の萱礫岩層は筆者―1961―は基底礫岩でなく一種の層内礫岩と考えている。また跡倉礫岩も不整合面をへだてて基盤の上にのっている確実なところはない）。また井上（1974a）によると，南方の下部白亜系から成る山中“地溝帯”の地質構造が，基盤にあたる秩父“古生層”のそれと大構造的には調和的であるのに，主として上部白亜系と考えられる“跡倉層”のそれは非調和的であるという。以上2つの事実は，あるいは跡倉クリッペ説への支持材料となるかも知れない。

一方，大崩山・御岳・神山など確実に底の浅い岩体群は，筆者にとって，青倉川沿いのC岩体さえなければクリッペ説に賛成したくなるほどのまことに無気味な存在である。このC岩体は押しかぶせたのちの何らかの変動でその後緑色岩中にもぐり込んだのではないかとも一度は考えてみた（内田―1962b―）が，そういう操作を許容するためには，やはり何か強力な証拠が欲しいのである。その証拠とは，確実なハイマートの存在である。例えば，小坂和夫の私的談話によれば，安戸地窓北方の栃谷層に伴う石英閃緑岩体（小勝ら―1970―は現地性のものとみているが）は，その外輪郭の分布からみてどうも底の浅い岩体であるらしいという。それでこれは恐らく貫入火成岩であろうから，どこからか移動してきたことになるが，その岩体の一部（？）がミロナイト化しているというので，そのハイマートを当域の中央構造線（約4km東方を走る武井ら―1976―の奈良梨構造線がそれに当るか？。最近武井・小池―1977―によってその東側から片麻岩の存在が報告されている）付近に求めれば，移動方向も距離もはっきり言えることになる。この件は未公表のことで筆者のききちがいもあることを恐れるが，一つの論証例としてのべておく。新井ら（1966）も跡倉クリッペのハイマートを下仁田構造帯の千平石英閃緑岩体に求めているが，筆者は，まだ跡倉礫岩層が川井山石英閃緑岩およびそれによるホルンフェルス上に溶結不整合面をもってのっているという説を肯首しがたいので，このハイマート説には不安をもっている。

一方，大霧山デッケ説に関しては，現状では殆んど否定的見解が強いとみてよい。何なら暇と金のある向きは，第2図 b）のⒶ―Ⓑ間でボーリングを試みてみるとよいであろう。藤本説が正しければ，上から長瀞系―秩父系（さらにそのはるか下方で多分再び長瀞系）の順で出なければならないし，関説が正しければ長瀞系のみで秩父系は出てきてはいけないわけである（堂平山ではおのおの以上の上にさらに秩父系が加わるが）。

ところで，最近関東山地北部全域にわたる中・古生層の構造に関しての従来の見解が，根本的に変更を

余儀なくされるきざしも現われてきた。この辺の古期岩層の層序は，従来下位から三波川—御荷鉾—柏木—万場—上吉田層とみなされてきたが，滝沢茂（1977）によると，コノドントの研究から柏木層（の下部に当たる坂原層）は，上吉田層（三畳系）と同時異相の関係にあるという。この三畳系の坂原層が，従来の柏木層の全部にまで拡大されるかどうかは今後の研究にまたねばならないが，もし例えば万場町西方の高八木付近の柏木層まで三畳系ということになれば，そのまわりを囲んで上位に分布する万場層（同じく滝沢によれば石炭～二畳系）との関係をどう考えたらよいかということになる[1]。大久保・堀口の『万場』図幅(1969)によっても，また筆者自身の調査によっても，この高八木の柏木岩体は断層で万場層内部に落ちこんだ関係では決してなく，少なくとも構造的には柏木層の上に万場層が整合に（このことは特に下小越，上小越の沢ではっきり観察される）のっていると考えざるを得ないのである。従ってこの高八木チャート岩体が三畳系となれば，これと万場層との境界に衝上面の存在を考えざるを得ないであろう（筆者には現在ではどうみてもその面の存在は考えられないのだが）。こういう風に，化石の上から古い地層（万場層）が若い地層（柏木層）の上に広く分布していることになれば，大霧山デッケ説や跡倉クリッペ説などよりもはるかに強力な説得力をもつデッケ岩体が関東山地にも存在することになろう。

さらに，仮りに大規模なデッケ岩体が確認されたとしての話だが，その移動方向については（この辺だけで手がかりが得られなければ）広く中央構造線に沿う西南日本の内・外帯におけるデータをみわたした上で考えるのも一方法であろう。最近木村敏雄（1976）は，秩父地向斜中央部に大規模な隆起帯ができた(ジュラ紀最後期以降）とき，領家帯の南縁から南方へ向う大きなデッケや横臥褶曲ができた可能性があることを強調している。

引用文献

新井房夫ほか(1963)：群馬県下仁田町の跡倉礫岩を中心とする地質学的研究，地球科学，64.

新井房夫ほか(1966)：下仁田構造帯，地球科学，83.

秩父団研グループ(1961)：神流川流域の秩父古生層について，地球科学，57.

藤本治義(1935)：関東山地北部の地質学的研究，地質雑，42(498-499).

FUJIMOTO, H. (1937) : The Nappe Theory with Reference to the North-Eastern Part of the Kwantō Mountainland, *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sec. C*, No. 6.

藤本治義(1939)：関東山地の長瀞系(三波川系・御荷鉾系)について，地質雑，46(546).

————(1951)：日本地方地質誌『関東地方』，朝倉書店.

————，渡部景隆，沢　秀生(1953)：関東山地北部の推し被せ構造，秩父科博報告，3号.

————，坂本　治(1973)：関東山地北部の神山ナッペ Nappe に関する最近の観察，秩父科博報告，17号.

飯島治男(1964)：女岳・男岳付近のいわゆる跡倉層について—第1報—，秩父科博報告，12号.

井上正澄(1974a)：埼玉県城峰山東方の秩父帯中に“跡倉層”の発見，地質雑，80(4).

INOUE, M. (1974b) : Geologic Structure of the Chichibu Terrain in the Kanto Mountaineous Land, Japan, *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, 19 (1).

井尻正二ほか(1944)：関東山地に於ける推し被せ構造の再検討，東京科博報告，No. 14.

木村敏雄・吉田鎮男（1973）：東北日本の新第三系の基盤の構造，東北地方第三紀地殻変動総研報告.（北村信）

木村敏雄(1974)：日本の中生代の褶曲，地学雑誌，83(3).

————(1976)：日本列島をめぐる地体構造と堆積盆地，石油技術協会誌，41(1).

————(1977)：みかぶ緑色岩類と弱変成秩父中・古生層との間のデコルマ，日本地質学会84年大会（高知）講演要旨.

小坂和夫(1977)：関東山地のいわゆる安戸地窓の秩父系の層序と構造について，日本地質学会84年大会(高知)講演要旨

前田四郎(1954)：関東山地東部の地質構造，千葉大文理学部紀要，1(3).

大久保雅弘・堀口万吉(1969)：5万分の1図幅“万場”および「万場地域の地質」，地質調査所.

1）本稿投稿後に発表された佐藤・滝沢・古田土氏らの論文（地質学雑誌，Vol. 83, No. 10）によれば，この高八木岩体は unknown formation として，万場層の下位においてある。

関陽太郎(1957a)：関東山地東部のローソン石，岩鉱，41(4).
――(1957b)：関東山地東部のパンペリー石とその産状，岩鉱，41(6).
SEKI, Y. (1960) : Distribution and mineral assemblages of jadeite-bearing metamorphic rocks in Sanbagawa metamorphic terrains of Central Japan, *Sci. Rep. Saitama Univ., Ser. B*, 3.
朱雀智介(1941)：関東山地鯛川上流のいわゆる御荷鉾式岩石について，地質雑，48(569).
鈴木好一(1955)：群馬県下仁田町南部の地質についての2，3の問題，資源研彙報，No. 39.
須藤和人，松丸国照(1973)：埼玉県入間郡大高取山付近の地質，秩父科博報告，No. 17.
武井睍朔，村井武文，平野英雄(1976)：関東山地北東部の地質構造，地質論集，No. 13.
武井睍朔，小池美津子(1977)：関東山地北縁部から藍青石黒雲母片麻岩の発見，地質雑，83(7).
滝沢　茂(1977)：関東山地北部秩父帯の層序，日本地質学会84年大会(高知)講演要旨.
内田信夫(1961)：群馬県下仁田付近の地質―その1，四ッ又山押しかぶせ構造について―，成蹊論叢，1号.
――(1962a)：いわゆる跡倉礫岩について―群馬県下仁田付近の地質，その2―，地質雑，68(798).
――(1962b)：いわゆる跡倉クリッペ群について―群馬県下仁田付近の地質，その3―，成蹊論叢，2号.
安戸研究グループ(1974)：埼玉県堂平山付近の御荷鉾緑色岩中の溶岩流，地質雑，80(7).

(1977年9月3日受理)

地学雑誌 87, 1 (1978)

キンバリー岩と金剛石鉱床

松 田 亀 三*

Kimberlites and Diamond Deposits; a Review from a Standpoint of a Prospector

Kamezo MATSUDA

I. 緒 言

戦時中南東カリマンタンの金剛石採掘現場の視察をしてから金剛石鉱業の発展には深い関心を持つようになったが，表題に関する文献は尨大な量がありその一部を特に鉱床探査の観点から眺めて見た。金剛石は2,000年前印度で発見されてから19世紀末南阿で多数の鉱床が開発されるまでは王侯貴族の装身具として珍重されるに留まったが，最近では宝石級のものが多量に出廻り庶民の夢が叶えられるようになった。更に第1次大戦後は金属加工業の発展と共に宝石級として不適格の工業用金剛石の需要が急増して来た。天然金剛石の世界生産は1930年750万カラット(Carat=0.2gr. 以下Ct. と略す)，50年1,520万Ct.，74年5,014万Ct.，74年産額の87%は工業用であった。金剛石の成分が炭素と判明したのは1797年で爾来実験室で合成が試みられたが工業的に成功したのは1954年米国G.E.社で，天然金剛石の微粒のものの代用品として使用され始めた。その生産量は56年10万Ct.，69年1,300万Ct.，現在は米国2社で1,900万Ct. を産しており米国外では8ケ国が合成を行っている。我国の金剛石輸入量は合成を含めて次第に増加し，71年617万Ct. (207億円)，73年1,112万Ct. (901億円)，75年は減少して855万Ct. (757億円)でその92%は工業用であり，73%が合成金剛石であった。現在我国の合成金剛石の産額はほぼ300万Ct. と推定される。合成金剛石は25目（径0.7 mm）以上のものは商業生産困難で試錐ビット，

73年輸入量(工業レアメタルNo.57, p.93, 1975)

工業用内訳	天然金剛石	原石	231.5kg
	〃	粉	515.8〃
	〃	成型	1.693gr
	合成金剛石	粉	1,474.3kg
工業用計			2,233kg
宝石用計			136,111gr

ダイスその他には天然金剛石を用いるが，合成技術の発達と共に次第に合成品で置き換えられる傾向にある。

金剛石鉱床の探査は現在数ケ国で行なわれているが，資金，時間，経験に充分な配慮が必要であり，調査員には熱意，勇気，忍耐等の精神的強靱さが要求される。その危険率は相当大きいが成功した場合の報酬は極めて大きい。戦時中工業用金剛石の不足に苦しんだソ連は南阿と同様な地質条件を示すシベリアで調査を始め9年後の54年に鉱筒確認，70年以降は推定1,200万Ct./年の生産を示しているのは輝かしい成果であった。以下金剛石の母岩であるキンバリー岩，その造岩鉱物，鉱床等に就いて概説する。

II. キンバリー岩 (Kimberlite)

金剛石が産するのは堆積鉱床中と超苦鉄岩に属するキンバリー岩（以下キン岩と略す）中の火成鉱床とがある。キン岩の研究は商業的にも重要だが，キン岩自体は産出稀な超苦鉄岩とされ[1]，その含有する地球深部からのゼノリスは地殻下部の性情を明らかにする為地球科学研究者の重要な研究課題となっている。南阿キンバリー鉱山産の含

* 国際鉱産コンサルタント International Minerals Survey.

金剛石岩をキン岩と呼んだのは C. LEWIS[2]でキンバリー市等の名称は1871年英国植民大臣 EARL of KIMBERLEY に由ると云う[3]。その岩質は蛇紋石化炭酸塩化斑状雲母橄欖岩であったが大部分のキン岩には金剛石は含まれず，金剛石は主成分ではない[1]。

(1) 産状

キン岩の産状は火道，岩脈稀に岩床をなし特に火道ではその噴出相を伴なう。これらの関係は下部の岩脈，岩床から上部の岩筒に移り[4]，更に爆烈孔に移るとされ[1,2,5]，キンバリー鉱山では深さ3,320呎[4]，ヤガースホンテン鉱山では2,500呎[6]で鉱筒が鉱脈に移っている。キン岩の貫入は地下160km 以下の深所に岩漿が生成し[4,7]地殻下部までは徐々に上昇し[8]，地殻下部（50km）からは極めて急速度（1～2時間）で[9]流動化作用により地表に到達し，その為周囲の岩石にはほとんど熱変成を及ぼさないとされていた。しかし産出稀な岩床では明らかな熱変成を及ぼした例がある。これはベンホンテンで，頁岩に熱変質を与え，キン岩自体は粒度による級化構造を生じ，基質には細柱状～樹枝状の火成方解石を含みカーボナタイトと近縁の成分を示している[10]。この場合キン岩の貫入は地表下2～3km の深さまでは比較的高熱溶液で侵入したが，この水準以上では瓦斯を放出して火道を形成したものと考えられている[11]。

(2) 岩種

金雲母と角礫の含有量で分類する。金雲母の極めて少ないものは塊状または玄武岩質と呼び（長石はない[30]）斑晶（巨晶）の5％以上または石基に多量の金雲母を含むものを雲母質と呼ぶ[1]。雲母質と塊状のものは移化する事があり[1]，岩脈には雲母質が多い[7a,25]。キン岩はキン岩岩漿とキン岩その他の超苦鉄岩ゼノリスとの混成岩で[2,13]細粒斑状岩から角礫岩，角礫凝灰岩状を呈し深成岩相がない[12,14]。塊状のものは角礫化せず半深成岩相で岩脈に多く，破片，または角礫を多く含むものは火道相[5]であるが，移化している事もある[15]。その角礫の量により塊状（<25%）角礫状（25～50%）角礫岩（>50%）と分類し角礫状のものは火道中に産し角礫，岩片等が60～90%を占めるキン岩凝灰岩は火道相に限られる[16,54]。キン岩と確認する為の10ケ規準を挙げた報告もあるが，ここには省略する[17]。

(3) 岩質

キン岩の貫入作用は火道では数回に亘って行なわれ[2,13,17,18,19,20,25]岩筒はしばしば岩脈に切られる[1]。その後の浸蝕作用による深度の変化もあり岩質の変化は甚だしい。化学的風化作用を受けた露頭部分は南阿では黄土盤（Yellow Ground）と称しその下部で変質作用の劣化したものを青盤（Blue Ground），堅盤（Hardbank）と称する。

(a) 黄土盤。この風化帯は印度で70呎[21]南阿で45m[19]に及びシエラレオンでは深さ12呎の堀割で初めて原岩の組織が認められる程度となり[22]いずれも黄，緑，青色の粘土となっている。シベリアでは化学的風化作用は妨げられているが古期風化殻中では肉桂色～淡灰クリーム色粘土となりモンモリロン石，ハロイサイト，メタハロイサイトから成る[23]。南阿の主要構成鉱物はスメクタイト（モンモリロン石）で[19]金剛石が残留富化する場合もあるが，専ら野外比重選鉱用粘土として用いられた。黄土盤は軟質，崩壊し易く特に水を含めば容易に分解し坑内採掘の場合には自然崩落（Self Mining）の現象を呈し極めて危険である[24]。

(b) 青盤及び堅盤。黄土盤の下部には変質の弱い青盤があり，更に下部は青盤中に次第に堅盤の団塊を増加して比較的新鮮な堅盤に移化する[25]。青盤は堅緻，靱性に富み断口は介殻状，青黒色～明緑色，斑状構造を示し蛇紋石化橄欖石斑晶が最も多く，石基は緻密～細粒でルーペで組成が見分けられない事がある[25]。地表で曝すと6～12ケ月で粗鬆な粘土塊となって崩壊し[24]，水に濡れて極端に粘着性を生じる[26]。その明緑色のものは蛇紋岩質角礫岩状に見える[27]。

堅盤は新鮮なキン岩で暗色～黒色，キラキラ光る粗粒玄武岩状で[10]，雲母橄欖岩，煌斑岩，特にアルノー岩に酷似し[27]，風化面では暗色石基が溶脱して斑晶橄欖石が突出してザラザラした感触を呈する[10]。楕円体状割目を示すものもあり[28]，新鮮に見えてスメクタイトを生じているものもある[22]。これ等の比重は次の様である。

黄土盤　南阿[29]　1200lb./Load

(Load とは原岩で10ft^3，破砕岩で16ft^3，を呼ぶ)

	レソト[7b]	G＝2.5
青盤	レソト[25]	G＝2.54～2.88
堅盤	南阿[29]	1600lb./Load
	レソト[7b]	G＝2.75～2.85

(4) 鉱物組成

主要造岩鉱物は橄欖石，チタン鉄鉱，柘榴石，両輝石，金雲母，方解石等で従成分鉱物として金剛石，燐灰石，ザーコン，烟褐色ペロヴス石，石墨等を含み橄欖石，金雲母は2時代に亘って生成された[30]。斑晶状のものは径数mmから5cmに及び，一部は斑晶であるが，他は超苦鉄岩の分解した外来結晶か，または集積層を構成したと思われる結晶団塊でありその区別は容易でないので総括して巨晶（Megacryst）と呼ばれている[31]。巨晶橄欖石はキン岩の特徴ともいうべき亜円形～楕円形を呈ししばしば蛇紋石に交代される。その含量は石基中で10～60%[7b]，全岩で30～50%[30]を占め熔融型とも蝕磨型とも見られる[30]。柘榴石にはパイロープ系とアルマンヂン系があり，斜方輝石は淡褐色頑火輝石～古銅輝石，単斜輝石は明緑～暗緑色透輝石，エメラルド緑色クロム透輝石，翠輝石等が主であり金雲母は雲母質種では50～75%の容量を占める事がある[18,30]。チタン鉄鉱は輝黒色含苦土種である。石基は蛇紋石化橄欖石，金雲母，方解石が主で少量の角閃石，緑泥石，燐灰石，モンチセライト，ペロヴス石，ザーコン等を含みその組織は細粒～微晶[32]～等方質[15]となり鏡検不適の構造をなすものが多い[15]。

なお石基および外来岩片の蛇紋石化，フェン岩化，炭酸塩化作用等の変質の強弱は浅所爆発型と深所潜頭型とで異り，前者に強烈な事が示された[6]。

(5) 化学成分

化学成分の一部を摘記したのが下表で，不飽和超苦鉄岩を示している。DAWSON[33]によれば SiO_2 は22～38%で30%台，30%以下になれば

	① 南阿	② 南阿	③ レソト	④ レソト	⑤ レソト	⑥ ヤクート	⑦ インド	⑧ インド
SiO_2	25.19	0.52	35.2	31.1	16.97	27.81	35.83	36.09
TiO_2	1.89	0.10	2.32	2.03	2.17	1.63	4.89	5.10
Al_2O_3	2.87	0.48	4.4	4.9	1.66	3.40	3.27	3.81
Cr_2O_3	—	—	—	—	n.d	0.13	—	—
Fe_2O_3	3.72	1.30	—	—	11.29	5.40	4.82	4.77
FeO	6.72	0.61	9.8	10.5	1.43	2.82	3.39	4.45
MnO	0.22	0.19	0.11	0.10	0.13	0.12	0.14	0.15
NiO	—	—	—	—	—	0.14	—	—
MgO	29.69	8.87	27.9	23.9	9.47	25.53	27.84	24.71
CaO	13.59	44.07	7.6	10.6	28.71	12.21	3.20	3.50
Na_2O	0.01	0.41	0.32	0.31	0.29	0.33	0.06	0.20
K_2O	0.15	—	0.98	2.1	0.56	0.66	0.63	1.14
H_2O^+	1.15	0.36	7.4	5.9	3.13	—	13.98	13.05
H_2O^-	—	0.03	—	—	3.68	—		
P_2O_5	2.20	1.42	0.72	0.66	0.14	0.50	2.15	2.31
CO_2	12.83	41.24	3.3	7.1	20.12	I.G. 19.42	0.16	0.72
Mg/Fe	—	—	2.2	1.8	—	—	Mg/Mg+Fe 73.4	Mg/Mg+Fe 68.6
K/Na	—	—	3.4	7.5	—	—	11.8	6.4

① ベンホンテン岩床[10]
② 〃 〃 石灰質[10]
③ 玄武岩質[33]
④ 雲母質[33]
⑤ マラカベイ石灰質[11]
⑥ 339種平均[28]
⑦ マヂガワン 地表 12ケ[34]
⑧ 〃 坑内 7ケ[34]

CaO が増加する。TiO_2 が高く（2.0～2.3%）含鉄量は Fe^{3+}/Fe^{2+} が7.5となり，他の橄欖岩～ダン岩では1以下で，含苦土チタン鉄鉱が Fe^{3+} を多量に含む事に因るという。苦土は39～44%と超苦鉄岩よりは少なく，Mg/Fe 比はキン岩で1.8～2.2，超苦鉄岩では3.4となる[33]。アルカリ量は Na_2O に較べて K_2O が高く K/Na 比はキン岩で3.4～7.5だが超苦鉄岩～塩基性岩では0.05～4.5に過ぎない[33]。微量成分では特に Sr, Ba の多いのが目立ちレソトでは次の通りである。

	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ca/Sr
キン岩	445～1145[7c]	550～1570[7c]	72[33]
超苦鉄岩	1～ 35[33]	平均 1	700[33]

これは印度でも同様だが[34a] Rb でもその区別は可能である[35]。またトラップ岩との区別は Ni, Cr, Ti, Nb で可能だが[36]アルノー岩との区別は難しい[27,33]。

(6) ゼノリスおよび結晶団塊

キン岩の貫入に際して捕獲したゼノリスには地表に近い部分のものと地殼下深所のものとがある。前者は径 40[2]～100呎[37] の岩塊をなす事があり，後者は径数cm～数10cm 蝕磨された団塊状となり，その量が多い時は礫岩状を呈する[7c]。南阿の例では[38]最多が複輝石橄欖岩，次で斜方輝石橄欖岩，輝岩等で少ないのは含藍晶石～鋼玉榴輝岩 (Grospidite)，火成榴輝岩 (Griquaite) 等である。複輝石橄欖岩団塊には剪断作用による変形を受けた (sheared) ものがありその透輝石は低石灰質で深度 150～190km，温度1,100～1,400°C で再平衡したものといわれる[38]。橄欖岩中の柘榴石含量は容量で15%以下だが榴輝岩では30%以上となる[39]。なお円形をなすキン岩の同源捕獲岩もあるが岩脈には産しない[7g]。このほか単鉱物の団塊および結晶で輝石，柘榴石，チタン鉄鉱等があり輝石とチタン鉄鉱の文象状～ラメラ共生をするものがある[7a,40,41]。

(7) 貫入時代

その貫入時代は先寒武系[20,40]から古第三紀[27]に亘るが野外の観察からは中生代[1] 特に白亜紀が多い[4]。1地区で2時代以上に亘って噴出したものもある[1,35,42]。先寒武系礫岩中に金剛石の発見されるのは南阿，ブラジル，西豪等に知られ[1]，先寒武系時代に貫入した岩筒は南阿，タンザニア，象牙海岸，マリ，ガーナ，ソ連[1]，印度[21,34]にある。北米でも先寒武系～古第三紀に貫入したものが知られているが金剛石を含むものは中部白亜紀とされている[27]。年代測定の場合地質条件とずれる場合があり[43,44,45]，測定鉱物がキン岩の貫入する以前に形成されたものとして説明されている[1,40]。南阿ではプレミア鉱山のみが先寒武系の貫入で[20,46,121]周辺の岩筒は白亜紀とされており[4J]ソ連でも先寒武紀に生成された金雲母を含むキン岩が侏羅紀層を貫いている[55]。なお先寒武系含金剛石礫岩層が白亜紀キン岩に貫かれている場合がありキン岩を生じ易い地域がある事は確かのようである[1]。東阿の新生代火山でキン岩の地表徴候と認められるものがあるが[1,17]含苦土チタン鉄鉱，パイロープ，クロム透輝石を欠くというので[30]検討の必要がある。

(8) キン岩の金剛石包蔵性

キン岩の調査が進むに従って金剛石の包蔵性見込みは最も懸念される問題となり現在は次のような推定方法が発表されている。

ⓐ ゼノリスとの関係。 商業的にはキン岩とは金剛石を含むものでありその含有量を決めるには試料1ケで 100t の処理が必要である[47]。品位を速く推定できればこれに越した事はない。最近判って来た事は品質が地下深所からのゼノリスに関係がある事で[48,49]，南阿では大鉱筒は橄欖岩団塊が多くて榴輝岩団塊は少なく，小鉱筒では榴輝岩団塊の方が多い[46]。この場合超苦鉄岩団塊のみならば金剛石は品質不良，品位も 20Ct./100Load 以下となるが，小型鉱筒のみにしか産出しないグリクア岩（稀にグロスピダイトを伴う）が超苦鉄岩に混在する場合は品位は4～20Ct./100Load と大差ないが金剛石の品質が大幅に上昇する[48]。なおシベリアでは塊状のキン岩は最後期の貫入でこれよりも角礫に富むキン岩質角礫岩は最も有望岩種としているが，ゼノリスと関係あるものと見られる[16]。

ⓑ 随伴鉱物との関係。 シベリアで金剛石を含むキン岩には雲母質岩種は30%以下を占め，こ

れに反し無金剛石岩は50～100%が雲母質であるという[136]。また随伴鉱物にはCrに富むものとTiに富む系列とあり[50,51]，高圧鉱物の濃集度を推定する為にパイロープ/クロムスピネルの比率（柘榴石化率）を用い[50]，また金剛石内の包有物にライラック色～菫色のパイロープのある事から重鉱物精鉱の鑑定を行う[50,52]。金剛石を伴う重鉱物にはCr系のものが多く[51,112]随伴鉱物8種の組合せが深度により如何に変化するかを調べ，その結果キン岩を6種類に分類し，金剛石を含有する型としては金剛石―クロマイト―パイロープの組合せを含むものになるという[53]。南阿で金剛石産出の実績のある鉱筒群につき重鉱物の組合せでキン岩を採算的に見て黒字型（Payable），年に数回は黒字を出す準黒字型（Provisionally Payable）赤字型（Nonpayable）と分類した報告がある[54]。これはキン岩の非磁性重鉱物精鉱を柘榴石＋不透酸化鉱物（主としてチタン鉄鉱），クロム透輝石，ザーコンの3種類に分け，その3成分による三角図上において容量比を計算すると黒字型キン岩の存在範囲は柘榴石＋不透酸化物が90%以上，クロム透輝石12%以下，ザーコン3%以下の範囲に入るという。もちろん品位，品質は不明だが有力な指標になると思われる。

© 化学成分との関係。　ソ連では大量の試料採取を省略し，6成分の分析値と400ケの金剛石の晶相から本源岩体の有望性が判定可能としたが[55]南阿では好結果が得られなかった[54]。キン岩の分析値から$Fe/(Fe+Mg)\times 100\% = f$を計算すると無金剛石の場合は15～22%，含金剛石の場合は20～26%になるという[56]。シベリア産キン岩の微量成分を見ればNi, Crの含量で区別可能となっている[57]が（下表参照），南阿のキン岩の平均ではシベリア産無金剛石キン岩の範囲にあたるので[57]，岩石区が異ればそのままの適用は難しいのであろう。キン岩中の放射性元素の蓄積は含金剛石キン岩より周辺相をなす無金剛石キン岩に多く，そのU含量で区別可能[58]，またK/U比でも可能というが[59]南阿では明確でない[60]。

III. 造岩鉱物

(1) チタン鉄鉱

チタン鉄鉱はパイロープと共にキン岩探査の主要鉱物で稀に金剛石中の包有物として産する[7d]。Ti系鉱物団塊には金剛石を伴わずともいわれ[18]，またパイロープよりチタン鉄鉱が大量にある場合はほとんど金剛石のない事もある[61]。キン岩中のチタン鉄鉱は超苦鉄岩，塩基性岩中のものに較べて苦土を含むのが特徴で（MgO＞5%）[62,63]，かつFe^{3+}が高く[25]，金剛石の生成状態に近い環境で育ったと考えられている[52]。その含量は岩筒型で0.001%[14]～7%[18]，岩脈型で4～16%[64]にも達するが，またほとんど含まないものもある[15,63]。キン岩では径1～10cmの卵形巨晶をなすものと[63]径0.2～1mmの微晶が石基中に散在するものとある[65]。これらのものが崩壊運搬されて，礫の大きさ1～1.5cmのチタン鉄鉱の礫層となる場合がある[66]。なお砂鉱中に六方卓状～斜方十二面体をなすものがあればその原岩は岩脈型と推定出来るという[67]。巨晶をなすものは他形結晶の融合したもので[25]いずれも表面は円磨され，窪みを生じ(Pitted, Pluck Mark)[18]線状擦痕がある[25,65,68]。表面はペロヴス石[25,68]白チタン石の白～灰色被膜を生じる事もあるが[69]通常は帯青黒色，破面はピッチ黒色で苦土含量の多い事を示している[18]。硬度はモース5～6で苦土量には比例しない。比重はチタン鉄鉱（4.72）とゲイキー鉱（$MgTiO_3$，（MgO 33.05%），4.05）との中間を占める筈でレソト産で4.61（MgO 8.60%）～4.44（MgO 12.10%）[25]，苦土含量の特に高いのは19.5%を含む[70]。その成分は各粒毎に変化するが[71]鏡下では均質で特殊の構造が無いのが普通だが稀にクロム

	Cr	Ni	Ba	Sr
含金剛石キン岩	平均 1040 ppm (710～1,340)	平均 970 ppm (840～1,250)	380 ppm	460 ppm
無金剛石キン岩	平均 820 ppm (530～1,070)	平均 590 ppm (240～ 790)	810 ppm	990 ppm

黒　字　型	$MgTiO_3$分子 41.6%	Fe_2O_3 8.1%	酸化率　27.1%
準黒字型	36.2%	7.5%	26.6%
赤　字　型	34.2%	11.3%	30.0%

スピネルの離溶が報告されている[20]。チタン鉄鉱をキン岩源と認めるには苦土の定量にあるがその測定には次の2方法がある。1は仏国 BRGM 公社の携帯用マグネシオメーターで，研磨片で苦土の含量が増加すれば反射率は直線的に減少する関係を利用したもので BRGM 公社の特許になっている[72]。他はソ連で考案されたチタン鉄鉱の熱起電力を測定する方法で，その熱起電力は Fe^{3+} が増加すると共に減少し，遂には負の値を示すに至るのを用いる。含金剛石キン岩中のものは負の熱起電力を示し（p型），金剛石の殆んど認められないものは正の熱起電力を示すもののみで（r型），p型を殆んど欠くという[73]。南阿のキン岩の経済的分類ではキン岩中のチタン鉄鉱の成分は次の様で[54]要するに有望なキン岩は苦土に富むチタン鉄鉱を含む事となる(上表参照)。

(2) スピネル〜クロム鉄鉱

これらは，金剛石中にも含まれるが[74,75]キン岩の重鉱物精鉱中にはわずかに2%以下の少量で産する[7b]。クロム鉄鉱は黒色丸味ある八面体で，スピネルは鋭稜ある八面体で出る。ソ連では無金剛石キン岩のクロム鉄鉱含有量は含金剛石種に較べて30倍以上も多く[76]，かつ含金剛石種のスピネル中には高度にクロム鉄鉱分子が濃集し弱磁性，格子定数も増大するため，格子定数の測定で金剛石との随伴性が決められるという。

(3) 柘榴石

チタン鉄鉱と共に探査の主要鉱物がパイロープ柘榴石である。パイロープで Cr_2O_3 0.5%以上を含むものは産出きわめて限られ，キン岩，またそれに含まれる橄欖岩ゼノリス，金剛石，造山帯の柘榴石橄欖岩レンズ中にのみ産するといわれる[80]。キン岩中の含量は1.5[48]〜4%[77]で残留土壌中には濃集して5〜15%を示す事がある[78]。これらが風化浸蝕作用を受けて流水中に分散すれば安定鉱物として残存する範囲は15km[79],60km[87a],200km[80]とされている。キン岩中に存在する時は粒度0.5mm から 10cm[48]，赤紫色のものは微〜小

粒，黄褐色のものは数 cm になる事が多い
は円粒状結晶で厚さ0.01〜2.9mm[52,82]，帯
帯緑黒色のケリファイト反応縁を生じてい
[25,50,52,63,82]。この反応縁はキン岩産の特徴
ン岩生成前に岩漿溜りで生成されたもので
砂鉱中のものにこれが見られる時はキン岩
い事を示す[82]。従来柘榴石の分類は6種の
を用いていたが，これでは不充分で緑色の
ン柘榴石 (Knorringite, $Mg_3Cr_2(SiO_4)_3$
を多量に含むパイロープが現れて来た[78]。
榴石の分析には Cr_2O_3, TiO_2 の追加が必
これに基いて柘榴石を12族に分類し金剛石
有物には2族あるのを示した[81]が大別すれ
岩産の柘榴石は2種類となる。

ⓐ パイロープ〜ノーリン石系　キン岩
榴石の成分は変化が多く[81]岩体毎に色も粒
りパイロープ分子60〜80%で，団塊をなす
系のものとは著しく異る[83]。その色は Cr
増加と共に葡萄酒赤色〜ピンクから紫色を
イラック〜紫となり更に緑色調を増して暗
〜暗緑色となり[76,78,84]特に CaO が増加す
色調は濃厚となる[85]。Cr_2O_3 含量の更に高
は緑色〜赤紫色のアレキ石効果を示し[85]
17.9% に達する[84]。通常のものは MgO
%，Cr_2O_3 3.01〜9.52%，CaO は1〜4
5〜7%とあり[52]，Cr_2O_3 5%以上は高
呼ぶが[52]含量の変化による累帯構造もある
赤色のものはルビースピネルと鑑定された
り[77]，ライラック色のは Cr_2O_3 9〜14%
6〜8%である[52]。その Cr_2O_3 含量の増
に屈折率，比重，格子定数も増大する[87]。屈
はパイロープ (N=1,714, G=3,852, a_0=
Å)[88]とノーリン石 (N=1,803, G=3,85
11,659Å)[78] の間を変化し，

ソ連産　N=1,754〜1,789,

a_0=11,535〜11,69

米国産　N=1,746〜1,755,

a_0=11,547〜11,58

となる。このためパイロープ～アルマンヂン系のもので N=1,759～1,781, a_0=11,535～11,678Å を示すものとは区別出来ないので化学分析の必要がある[73]。

ⓑ パイロープ～アルマンヂン系 これには多少のグロッシュラライト成分も入る。色は淡黄～オレンジ～褐色となり MgO 8～11%[18]で榴輝岩源と考えられている。レソトのキン岩中の榴輝岩団塊からの黄～褐色のものは N=1,758～1,796, G=3,770～4,076, a_0=11,585～11,521Å でアルマンヂン分子55.2%までを含む[18]。金剛石を含む榴輝岩中のオレンヂ色のものは Na_2O 0.09～0.22%であるが変成岩源および無金剛石橄欖岩中ののは0.01～0.07%と低いという[89]。

ⓒ 金剛石中の柘榴石 金剛石中に含まれるものは CaO 少なく Cr_2O_3 高く(17.3%)[112] キン岩中のものとは異る[52,76,83,112]。多量にあるのは赤色系含 Cr パイロープでオレンヂ色アルマンヂン系のものは少ない[74,75,81,90]。色彩別では次のようになる。

赤色種	Cr_2O_3 5.85～12.6%,	N=1,758～1,783, a_0=11,500～11,542Å[75]
オレンジ種	0.04～0.06%,	1,739～1,768, 11,523～11,651Å[75]
ライラック種	6.08～15.9%,	1,753～1,790, 11,620Å[88]

金剛石中のものは低石灰種 (CaO 0.93～3.10%) となっているが[52,75,112], ソ連産で帯青菫色 CaO 13% と高いものがあり[91] 榴輝岩源と考えられる[75]。ライラック色のものは従来は金剛石中にのみ報告されたが鉱筒中にも報告されたのは注目すべきである[52]。

ⓓ 探査目標としての柘榴石 金剛石の随伴鉱物として赤紫色, 特に菫色～ライラック色のものが最も有望で緑色～黄褐色のものはキン岩探査の目安にはなるが有望鉱床の追跡には如何と思われる[52,81]。前記キン岩の経済的分類の場合, 黒字型中の柘榴石は赤～紫色でN=1,760～1,780, その色彩も殆んど均一だが赤字型に移行すると色彩も複雑となり屈折率も N>1.80と高くなり Cr_2O_3 を大量に含むものは有利なキン岩ではないという[54]。ソ連では N=1,750以上を目標とし[76]その Cr_2O_3/TiO_2 比で含金剛石量推定の資料としている[92]。パイロープの Cr_2O_3 含量の推定には加熱変色法があり, Cr_2O_3 2.5% 以上のものは含量増大と共に色彩変換温度が低くなる現象を用いる。赤色から緑色に変化するのが 3.0%で380°C, 7.5%で 130°C という[93]。

(4) 金剛石

天然産には結晶形をなすものと微細な晶子の集合体とがある。後者は円粒状, 暗灰～黒色のカーボナード, バラス等と呼ばれるもので[94,95], ソ連産のものでキン岩と関係ないとされたものもある[95]。これらはもちろん工業用であるが結晶をなすものも色彩不良, 傷あり, 包有物多く, 宝石用に研磨不適の大きさ (1/20Ct. 以下) のものは工業用となる。大体山元で工業用と宝石用に選別する[96]。合成金剛石は大きさは 0.01～0.5mm が大部分で工業用とするが G.E. 社では直径 6 mm の宝石用の合成に成功した[97]。金剛石の物理性に関しては砂川教授の著書[96]に詳しいので簡単な補足説明に止める。

ⓐ 結晶形 等軸系で八面体, 斜方二面体が最も多く六面体は少ない。稀に六方系片状のものがある[99]。ソ連では卓状地の中心部の岩筒には八面体が多く[100]周辺の岩脈には十二面体を[64], 中間にはその混合型が産し帯状分布が見られるという[100a]。その結晶面が彎曲するのが特徴で, 稜は丸みを持つが時にはソ連 Mir のように結晶の 21%が鋭稜を持つ事がある[96]。八面体の面上には微細な逆三角形の凹み (トライゴン) があり[96], 溝を生じ (Striated) 一面に平行な層状構造を呈する事がある[98]。産地毎にまた鉱床毎に結晶の晶相とその比率は変化し色彩, 包有物, 粒度等も変化するが粒度分布は深さにより大体一定している[96]。野外での分類は八面体, 十二面体, 板状十二面体 (Flat) 卓状双晶体 (Macle) 集合体, 貫入双晶 (Aggregate), 不定形, 破片 (Irregular) 等とし[101]毀れていない原石を Stone と称する。

ⓑ 堅さ モース硬度10で堅さでの代用品はない。南阿デビアス社研究所で南西阿砂鉱床産宝石用結晶とザイール産低品質ボルツをボールミルで磨耗試験を行なった。ボルツは7時間で消滅したが宝石用は950時間を経て 0.01%の減量が認めら

れたのに過ぎなかった[102]。

ⓒ 比重　純粋なものは$G=3.51$となっているがカーボナード等では$G=3.2\sim3.3$で孔隙率6.2%のものがある[103]。八面体なら稜長4.23mmで1Ct. 六面体なら1辺3.9mmで1 Ct. になるが，カーボナードでは直径8～12mmで20Ct. となる。通常は篩で分粒し，網上個数当り重量を測る[101]。南西阿の砂鉱床では20ケ/Ct. という細かいものを採っているが探査の場合には40ケ/Ct.の微細なものの確認が必要である[104]。現在の金剛石総生産額を見ると2Ct. 以上のものの産出は3％以下と甚だ少なく[105]稀小価値を生ずる訳である。

Mir 鉱筒中粒度分布 (I.D. No. 2, p. 109)

4mm以上	(0.7 Ct. 以上)	1～2%
2～4mm	(0.35 ～0.7 Ct.)	15～20%
1～2mm	(0.175～0.35Ct.)	50～60%
1mm以下	(0.175 Ct. 以下)	10%

ⓓ 色彩　白～灰～黄～褐～赤～緑～青～黒等の濃淡の色彩を呈するが宝石用には淡灰～白～帯淡青色が主で，まず使えるのは淡黄～淡緑～極淡褐色であり褐色暗色以下のものは工業用とする。ただカナリヤ黄，赤，緑，青色で澄明なものは稀産で珍重される。宝石用の規格は[98]省略するが，色彩のみで8～9段階，明澄度にも5～8段階があり，品質の鑑定は熟練の技師でなければ難かしい。但し現在は宝石用にならないものでも変色技術が向上して宝石用に格上げ出来るようになったので注意が必要である[98,165]。なお無色～淡褐色のザーコンは金剛石と容易に見誤られる[16]。

ⓔ 光学性　屈折率は$N=2,475$ (Na) で光の分散が強く，ブリリアント型に磨いたものが最もその特質を発揮し，チカチカと7色の燦き(Fire)を生ずる。チタニヤ等では黄色反射が甚しくなる。

ⓕ 不純物　鉱物質包有物[74,75,76,90,106,107]のうちで多いのは橄欖石，柘榴石等で石墨は黒色片状となる。これらは小さいものが4～5ケまでなら宝石用となる。なお不純物としての吸蔵ガスは窒素が主で，0.23%まで含むものをI型，含まないものをII型と呼び紫外線の吸収度が異なり[98]発光性も異る[108]。

ⓖ 発光性　X線及び紫外線を照射すると発光する[108]。紫外線では黄，緑，青と発光する（I型に多い）が全く発光しないものを混ずる場合もあり，よく見ると極めて微弱な発光を見逃している事もある[110]。また輝黄色の発光をするザーコンと見誤る事がある[18,29a]。

ⓗ 撥水性　金剛石の新鮮破面は撥水性がないが[29a]結晶表面は水には濡れず，グリース等には密着する。この性質は1896年キンバリーで偶然零れ落ちた精鉱中の金剛石のみが車の車軸グリースに附着した事から判ったもので[102]現在の選鉱場では総てグリース板なりグリースベルト等を用いて捕収する。南西阿砂鉱床産等のもので結晶表面に塩類，含鉄分等の被膜のあるものは水に濡れるので予め前処理をして撥水性を持たせる[29,111]。また被膜に覆われたものは螢光を発しないので[21a]鑑定には注意が必要である。

(5) 橄欖石

円～楕円形で2cm に達する巨晶と石基中に自形だが殆んど蛇紋石（アンチゴライト）に交代されたものとの2時代のものから成るが[80]，比重[16]，組成[7f,16]，金剛石中の包有物との差異等[112]に就いては省略する。

(6) 輝石類

キン岩の重選精鉱（$G>2.9$，径1～2mm）中には灰色低石灰質透輝石[8]，淡草緑色頑火輝石，烟褐色古銅輝石，暗瓶緑色透輝石，輝エメラルド緑～鮮緑色クロム透輝石($G=3.25\sim3.30$，Cr_2O_3 0.92～6.82%[16])，暗帯灰緑色翠輝石(Na_2O 1.17[120]～6.82%[90]) 等がある。特にクロム透輝石は重要で金剛石の包有物ではCr_2O_3 11.8%に及ぶものがある[112]。

(7) ザーコン

ザーコンのキン岩中含量は多いもので1g/t といわれるが[16] Orapa のように50g/t を示す事もあり[113]，比重大（$G=4.5\sim4.7$）なので重選で濃集するのは容易である。産状は稀に団塊（チタン鉄鉱との共生を含む）[7f]をなすが，通常は基質中に分散し自形は稀で円形～亜円形をなし，液体包有物に富み，劈開は通常貧弱だがキン岩中のものは数方向の劈開に富む特徴がある。色は無色～白～淡オレンジ～淡褐[7a]となり，表面には厚さ0.2～

0.5mm の帯灰～白～帯黄～帯褐色霜状模様を呈する被膜を生じる。その被膜の組成で無金剛石キン岩と含金剛石岩の判定可能な事が示された[113]。金剛石とザーコンは負の相関性を示し[54]，ザーコンの含ウラン量では花崗岩産との区別は可能である[113]。

IV. 金剛石鉱床

金剛石は火成鉱床としてキン岩の岩筒，岩脈中に産し，これらが風化浸蝕作用を受けて運搬堆積されて旧期砂岩礫岩層，現世の河岸～海岸段丘，河床～海底砂礫層中に濃集する。キン岩中の榴輝岩団塊にはしばしば金剛石を産するが[114,115]橄欖岩団塊中にはレソトおよび北米で各1例しか見られない[116,116a]。キン岩以外の火成岩としては先寒武系榴輝岩[117]，中生代オフィオライトの橄欖岩[118]，白榴石ランプロアイト[80,35]，新期アルカリ玄武岩中の角礫岩岩筒[119]，含霞石アルカリ玄武岩[100a]に産するがいずれも稼行されてはいない。ただ貫入性榴輝岩は金剛石の包蔵可能性が大きいとして注目されている[120]。旧期礫岩層で最古のものは南阿ランド地方の含金礫岩層中のもので26億年前という[121]。金剛石の産額としては砂鉱床産が多くキン岩産は1972年で24.3%を占めるに留まる[105]。

(1) キン岩鉱床

ⓐ 産地　世界各地でほぼ1,500本のキン岩岩筒が発見されているが[34]その産地には甚だしい特質がある。ソ連では大陸の卓状地～楯状地の中心部と周辺部に限られ[1,82]卓状地の上昇中心部に限られるともいう[15,80]。アフリカではサハラ砂漠以南，15億年前から安定している4地塊の周縁で[122]レソト等では18億年前の旧期安定地塊に限られる[7]。これら地塊を囲繞する11億年前以後の新期地帯では低品位か無品位のものとなるという[122]。地域的にはこれら地塊の上昇波曲部，また甚だしく張開した地溝中に産する[123]。旧期安定地塊は低熱流量地域で[85,124]上部マントル温度が最低かつ地温勾配も最低の部分である[85]。従来はキン岩は造山地帯には関係がなく，安定地塊のみに産するといわれたが最近は褶曲山脈地帯にも[119,125,126]産し，島弧中にもキン岩質岩種が報告された[66]。ただし鉱床として稼行されているのは安定地塊中のものに限られる。安定地塊外でのキン岩の成因も考えられてはいる[85]。最近のプレートテクトニックスで南阿の産状を説明するとケープ州の褶曲山脈地帯に平行した内陸部で200～800 km の範囲にキン岩群が分布するのが可能としたが[124]，中心部の高品位鉱床群から周辺の低～無品位岩筒の発達する累帯分布説からの反論もあり[46]一致した結論はまだ出ていない。キン岩岩石区の特徴としては広大な玄武岩流を伴い[80,124,127]またアルカリ岩[28,61]，カーボナタイト[25,30,61,123,124,128]を伴うが，特にアルカリ玄武岩の産する場合は含金剛石キン岩の潜在が見込まれるという[28]。

ⓑ 分布　ソ連では卓状地の中心部には含金剛石キン岩の岩筒が多く周辺部には無金剛石キン岩脈が分布する帯状分布をなし，中心部の岩筒は径の大きい程品位良好であり[55,100a]周辺は急速に劣化する事が判明した[132]。南阿では上記したようにキンバリー地区を中心として周辺の O.F.S. 州，ボツワナ，レソトと品位低下し[47,121]熱流量資料に関係があるとされた[121]。なおキンバリーを中心として半径40哩以内には6枚のキン岩岩床があり金剛石を含有するが稼行不能である[133]。岩筒も岩脈も群生する事が多く Cluster なり Swarm となる。岩筒の場合は間隔数10m～数km以上で群生し[9,61,129,130]規模は径数 m の小さいものから大は3,500×5,000呎[131]となり，しばしば直線上に配列されいずれも直立し下細りになっている。岩脈も平行脈，エシェロン状配列をして[7,15,25,26]幅6吋～30呎と細いが延長部，深部に続くのが特徴で，長さ2哩も続くものがある[25]。南阿での鉱筒の採掘はキンバリー地区で地下1,032m[121]～4,000呎[107]鉱脈では850呎[26]～1,100呎[24]で行われ幅6吋以下は採掘しない[26]。岩体の規模は玄武岩質キン岩の方が雲母質キン岩のものより大きく特に岩脈には雲母質のものが多い[64,128]。ソ連では貫入相の岩脈や角礫の少ない塊状キン岩は有望でないと見ていたが岩脈にも金剛石が産する事が判った[64]。

ⓒ 品位　岩筒の上部は表土，残留土壌，堆積性黄土盤，黄土盤等から成り，これらの土壌部

	鉱　山　名	処 理 量	品位(Ct/100t)	品　質	処理費	文　献
鉱筒露天掘	Orapa（南阿）	280万t/Y (73)	85.84Ct./100t	宝石用10%	1$95/t	(WM 74.7)
	Finsch	336万t/Y (73)	74.18Ct./100t	〃 25%	1$75/t	(〃 〃)
	Koffiefontein	360万t/Y (73)	10.36Ct./100t	〃 40%	1$82/t	(〃 〃)
	Mwadui（タンザニア）	317万t/Y (75)	12.62Ct./100t	平均価格 379.93s/Ct. ≒55$7/Ct.	—	海鉱情 76.10
	Majhgawang（インド）	400万t/d (70)	10Ct./100t	宝石用80%	—	(WM 71.6)
坑　内　掘	Premier	723万t/Y (73)	36.60Ct./100t	〃 20%	1$88/t	(WM 74.7)
	Jagersfontein	56万t/Y (71)	3.87Ct./100t	—	1R91/t	(EMJ 72.11)
	Dutoitspan	180万t/Y (73)	14.46Ct./100t	—	2$91/t	(WM 74.7)
鉱脈坑内掘	Helam	3万t/M (64)	260Ct./100t	宝石用35%	—	(24)
	Star	10万t/Y (60)	38.33Ct./100t	—	5$50/t	(26)

(R＝Rand÷1.15 $)

分には金剛石の残留富化が見られて2～2.5Ct./m^3[129]，残留黄土盤で63Ct./100t[7f]，黄土盤で21～33Ct./100t[7f]を示すが，青盤以下になれば数分の1に低下する[28,105]。鉱筒内の金剛石はキン岩石基中に結晶として産し，分布は不規則で，貫入時期の異る岩体で品位が数倍も異るため[134]，水平的品位の変化は上下方向の変化より激しく，また下部では金剛石の品質が落ち，粒度も小となる[134]。シベリア Mir では300m 下がって品位が10%下がった例があり，（I. D. No. 2 p. 108）南阿でも1,870呎下がって品位が1/4になった例がある[6]。特に大粒宝石用のものの分布が疎らであるが，微粒工業用の分布はほぼ一様で採掘時には安定した操業が可能である[135]。鉱脈の場合は母岩が変化しても鉱況には変化がない[26]。なおキン岩中の雲母の増量と共に品位は低下し，八面体結晶が少なくなる例がある[136]，次に現在稼行中の主要鉱山の品位の一部を挙げる（上表参照）。

最近レソト Letseng-la-Terae 鉱筒の開発をデビアス社が実施している（M. J. 77.4.29. p. 335）。この鉱床は1968年から R.T.Exp. 社が坑道探鉱を行ない試料8万tを処理して[71] 400万$を投入したが品位低くインフラ不整備として72年放棄したもので，57～68年間に実績として62,000Ct. 産出し最大のものは601 Ct. あった。デビアス社が大粒宝石用の潜在を見込んで開発に踏み切ったのはJagersfontein の経験によるものである。大体4～5 Ct./100 Loads 以上あれば充分検討に値するし，処理量は兎も角として小規模探鉱で100Ct.回収出来れば利益の出る可能性ありとして前進すべきであるという[137]。

ⓓ 品質　鉱床の評価は品位のみでは不充分で宝石用と工業用の比率，粒度等が品質判定の基準となり従ってCt. 当たりの価格に関係する。マチガワン鉱山は[21]品位は高くはないが宝石用が80%と高く，附近の凝灰岩中から産するものは10～20ケ/Ct. であるがキン岩中からのは時に1ケ4～5 Ct. 普通2～3 Ct. のものが出る。重量が2倍になれば価格は4倍以上になり[98]かつ工業用は宝石用の1/4以下の価格に過ぎない。金剛石の価格体系は原石でも複雑で，専門家でなければ価格推定は難かしいので公表された原石平均価格を次に示す（p. 37上表参照）。

日本の輸入平均価格は1975年度粒度は発表していないが宝石用で66,085円/Ct. 加工宝石104,548円/Ct.，工業用5,193円/Ct. で合成金剛石は822円/Ct. であった。1974年の工業用金剛石は4～65$/Ct.，合成で2.07$/Ct.であるが[165]近く日本で合成金剛石産額が400万Ct./Y になれば1$/Ct.の目標値も達せられる見込みといわれている。

(2) 堆積鉱床

ⓐ 産地　キン岩中の鉱床から重鉱物が運搬堆積されて砂鉱床となるがその生成時代は先寒武紀から現世にまで及んでいる。先寒武系のものは原生代下部から上部にわたり[188]南阿・南米・印度・西豪等にあるが稼行可能なのは印度，ブラジ

シエラレオン産(71年)	宝石用	3～5ヶ/Ct.	121$20/Ct.
	工業用	—	4$22/Ct.
	(D.N.S.A.J. 76.0 Ct.)		
南阿 Minestone (76)	—	—	51R21/Ct.
南西阿 Alluvialstone (〃)	—	—	89R17/Ct.
	(D.N.S.A.J. 77. March)		
南阿 Orapa (72)	宝石用 10% を含む	—	9$30～10$80/Ct.
	(M.J. June, 2.)		

ル等である[138]。ベネズエラではその根元と見られる先寒武系基底礫岩層は偽層等から流走方向を推定すると大西洋東岸からの由来を示しているという[139]。砂鉱床が出来るまでには各地共深く浸蝕作用が行なわれ，南阿で3,000呎[121]シエラレオンで1,000呎[218]の削剝運搬が行なわれた。旧河床等に堆積したものは現在の流路とは無関係に分布し，急流～奔流の流路中に形成され[61]高品位部は基底部[139,140]また流路中の割目部分，欧穴部等にある[141]。ソ連では海岸砂層，三角洲，河床中のものに分類し[138]河床生成のものが品位高く，その発達する部位は陸背斜が陸向斜または褶曲底部と交叉する部分に当り浸蝕作用と堆積作用がほぼ平衡を保った場所にあたるという[142]。またその分布は陸背斜を囲繞する帯状分布をなしブラジル，ザイール等でも同様の関係があるという[142]。

ⓑ 随伴鉱物　主なものはチタン鉄鉱パイロープ等であるが地域により特有な指示鉱物と称されるものがある。南東カリマンタン[143]，シエラレオン[140]の灰青色鋼玉，中央アフリカ[103]の褐～黄色ゴルサイ石 (Gorceixite) 帯黄色フロレンス石，ベネズエラの針状酸化鉄鉱[139]等である。指示鉱物ではないが南西阿海岸段丘砂鉱床で砂鉱床上部の定位置に牡蠣貝殻の集積部があり鍵層をな

国名	処理量		品位	品質	処理費	文献
アンゴラ		414万m³/Y (71)	0.58Ct./m³	宝石用 5.4ヶ/Ct.	—	M.J.72.9.8
ザイール		387万m³/Y (72)	2.57 Ct./m³ (71)	宝石用 10%以下	—	M.J.73.5.25 W.M.71.7
ガーナ		77.480yd³/M (70)	1.52 Ct./yd³	—	—	9.C.M.M.C Vol.1
シエラレオン		115万m³/Y (71)	0.8 Ct./m³	G.D 30万Ct./Y I.D 74万Ct./Y	—	DNSJA 76.10.
南西阿海岸	段丘	536万m³/Y (69)	0.32 Ct./m³	G.D のみ	3$30/m³	I.D.A.71
	海浜	—	—	G.D124,649Ct.	—	〃
	海底	17万m³/Y (68)	1.10 Ct./m³	G.D のみ	34$71/m³	W.M.68.10
ブラジル	計画	300万m³/Y (64)	0.014Ct./m³	20$/Ct.	—	M.J.64.8.7
ベネズエラ		110万m³/Y (70)	0.4～0.7 Ct./m³	G.D18万Ct. I.D17万Ct. ボルツ19万Ct. 平均£5.49/Ct.	—	M.J.71.4.2
インド	含ダイ礫岩 厚さ4呎	225,000t/Y (70)	5 Ct./100 t	—	—	W.M.71.6
南東カリマンタン		—	1Ct./m³ (42) Pt+Au 3Ct./m³	—	—	(144)

している（I.D. No. 2 p.49-50）。この海岸砂鉱床はオレンヂ河の河口の南北に各200哩，内陸部に幅2哩の範囲を占め，現世海岸砂鉱床から海底砂鉱床に連続し，品質は前記のように優秀だが河口を遠ざかると共に粒度は小となる[141]。

© 品位　各地の砂鉱床の品位は次の様である（p. 37下表参照）。南阿キンバリー地域を貫流するオレンヂ河流域は砂鉱床の1917年から65年までの産額を調べると試掘～採掘鉱区計1,000鉱区から4,000 Ct./月程度を産していたが，探鉱期間中に200Ct. 以下の産額しか示さぬものは鉱区が放棄され採堀鉱区でも，埋蔵量2,000 Ct.（3万$）以下のものは操業不能となったという[145]。

(3) 処理

上記鉱床の処理は鉱山業の分野となる。鉱山業の妙味は鉱床の確保，稼行にあり，鉱石の買鉱製錬等の加工賃稼ぎは収益の面からは二の次と云える。その失敗も成功も第1の条件としては試料採取による鉱量品位の推定であり技術者には最も誠実な人物が必要となる。その試料採取まで実施するか否かは予察する技師の技術と経験による判定に俟つ訳である。Orapa鉱山の場合は調査期間12年（探鉱費226万£）起業費844万£を投入し230万t/Y 処理選鉱場を建設，露天掘りで年間収益800万£を見込んで72年開山した[80]。通常鉱筒の上部は露天掘り[29,134]（Finsch 鉱山工程450t/工）その下部はブロックケービング法で坑内採掘を行なう[6,130,134]（工程17t/工[130]）。鉱脈はシュリンケージ法または下向階段法等で採掘する[24,26]。坑内採掘では乾式鑿岩が原則なので粉塵の処置が問題であったが最近では分散剤を用いて効果を挙げており[134]かつ発破に際しては金剛石結晶を傷めぬよう細心の注意が必要となる[26,146]。選鉱では過粉砕せぬように注意し，選鉱実収率は90～95%である[29]。露天掘りで大規模剝土が行われているのは南西阿海岸段丘上の被覆層で厚さ40～70呎である[102,104,147]。河底，海底の砂礫鉱床は水深200呎程度までは吸引浚渫機を用い，またエアリフトポンプを用いる[139,141]。採掘鉱石は比重選鉱法で重鉱物のみの粗精鉱を採る。当初は黄土盤を混ぜた粘土水で鉱石を攪拌するRotary Panを用いたが現在はジッグ重液サイクロン等を用い，グリースベルトで金剛石粗精鉱とし更にX線選別機（色彩選別機）などで精鉱とし最後は手選する。Finsch鉱山の場合粗鉱1万t/dから粘土槽後は300 tに減量，重液選別後50 t，グリースベルト後0.5 t，色彩選別機後60lb. の精鉱とし，手選で3 lb. の金剛石を採りその採取比率は666万の1分である[29]。選鉱用水は処理量の1.5倍（Orapa M. M. 71. Jan）から3.5倍（Helam[24]）で前者は湿地帯に堰堤を築き後者では80哩の配管取水をしている。

V. 要　旨

金剛石の用途では特に工業用の増加が著しいが最近米国鉱山局が1985年度の工業用金剛石の需要予想を行った。これによると年間4.2%の成長率と推定して米国需要は合成生産予想2,770万Ct.を含めて3,700万Ct.，米国以外の需要は8,000万Ct.と見ている。その推定累積量は尨大なもの（9～10億Ct.）となり76年度の工業用天然金剛石の埋蔵量6億8,000万Ct.（内ザイール5億Ct.）では天然資源の涸渇を招くのではないかと憂えている[165]。米国同様に資源の無い日本にとっても，深刻な問題である。ただし2000年に於ける米国合成金剛石の生産予想は4,280万Ct. としてあり，これを更に繰り上げる可能性もあり，85年には合成で25目以上の大粒のものの生産も期待されている。最近の価格は宝石用は上昇し続け，工業用は下落しつつあり，需要に生産が間に合わなければ当然価格は上昇し，新鉱床の探査は加速され，合成工場の増設も行われると見られる。新鉱床の発見は20世紀初頭のような明るい見通しは持てないがなお期待は可能と考える。従って今後の工業用金剛石の需要増に対しては合成技術の発展と共に物探化探を併用した地質調査の進展如何に係るものであろう。なおキン岩及び金剛石鉱床の探査として探査地域，探査方法，賦存率等に就いては別の機会を得て発表する心算である。

最後に秋田大学の由井助教授からはキン岩等の試料，また NIXON 著 "Lesotho Kimberlite" を借覧させて戴いたのでここに御礼申し上げる。

引用文献

1) DAWSON, J. B. (1967) : A review of the geology of Kimberlites in ultramafic & related-rocks, Edit. by P.J. WYLLIE, 241-251.

2) EDWARDS, C. B. et. al. (1966) : Kimberlites in Tanganyika, with special reference to the Mwadui occurrences. *Econ. Geol.* No. 3, 537-554.

3) WILSON, A. N. (1966) : The discovery of diamonds. *S. A. Min. Eng. Jour, Apr.* 8, 778-782.

4) KENNEDY, G. C. et. al. (1968) : The genesis of diamond deposits. *Econ. Geol.* No. 5, 495-503.

5) DAWSON, J. B. (1971) : The genesis of kimberlite. Diam. Research 1971, *Ind. Diam. Rev. Nov.* 2-7.

6) STUCKE, H. J. (1965) : Dropping down to a new block caving level at Jagersfontein. *Jour. S. A. Inst. Min. Met. May* 524-550.

7) NIXON, P. H. et al. (1973) : The evidence of kimberlite & it's inclusions on the constitution of the outer part of the earth in Lesotho kimberlites, Edit. by P. H. NIXON, Lesotho National Dev. Corp. 312-318.

7a) WHITELOCK, T. K. : The monastery mine. 214-220.

7b) NIXON, P. H. : The geology of Mothae etc. 39-47.

7c) NIXON, P. H. et al. : Butha Butha dyke swarm. 197-200.

7d) BOYD, F. R. et al. : Origin of the ilmenite-silicate nodules. 254-268.

7e) HORNUNG, G. et al. : Chemical variations in the knorringite rich garnets. 122-127.

7f) KRESTEN, P. : The coating of kimberlitic zircons. 220-223.

7g) FERGUSON, J. : Petrochemistry of kimberlite autoliths. 285-293.

7h) HAGGERTY, S. E. : Spinels of unique composition associated with ilmenite reactions in the Liqhobong kimberlite pipe, Lesotho. 149-158.

7i) BLOOMER, A. G. et al. : The geology of Letsengla-Terae kimberlite pipes. 20-36.

8) McCALLUM, M. E. (1976) : An emplacement model to explain contrasting mineral assemblages in adjacent kimberlite pipes. *Jour. Geol.* No. 6, 673-684.

9) McGETCHIN, T. R. (1973) : Carbonate-Kimberlite relations in the Cane Valley diatreme, San Juan County, Utah. *Jour. Geophysics. Res.* **68** (11), 1854-1869.

10) DAWSON, J. B. et al. (1973) : Magmatic sedimentation and carbonatitic differentiation in kimberlite sills at Benfontein, S. A. *Jour. Geol. Soc. London*, **129** (1), 61-85.

11) DAWSON, J. B. (1971) : Intrusion features of some hypabyssal South African kimberlites. *Bull. Volc.* **34** (3), 740-757.

12) McGREGOR, I. D. (1970) : Hypothesis for the origin of kimberlite. *Min. Soc. Am. spec. pap.* No. 3, 51-62.

13) LAZKO, Ye. Ye. (1975) : Structural characteristics of certain minerals in kimberlite as evidence of deepseated evaluation of the ultrabasic melt. *Int. Geol. Rev.* No. 4, 373-381.

14) ILUPIN, I. P. (1974) : New data on the relationship between chemical & mineral compositions of kimberlites. *Dokl. E. Sci.* 217, 153-155.

15) MITCHEL, R. H. et al. (1973) : Kimberlite from Somerset Island, N.W.T. *Can. Jour. E. Sci.* No. 3, 384-393.

15a) MITCHEL, R. H. et al. (1975) : Geology, magnetic expression & structural control of the central Somerset Island kimberlite *Can. Jour. E. Sci.* No. 5, 757-764.

16) ARTSYBASHEVA, T. F. et al. (1964) : The problem of the classification of the Yakutian kimberlite. *Int. Geol. Rev.* No. 10, 1773-1781.

17) NIXON, P. H. (1973) : Kimberlitic volcanoes in East Africa. *Ov. Geol. Min. Res.* 41, 119-138.

18) NIXON, P. H. et al. (1963) : Kimberlites & associated inclusions of Basutoland : Mineralogical & geochemical study. *Am. Min.* No. 9-10, 1090-1132.

19) RUOTSALA, A. P. (1975) : Alteration of the Finsch kimberlite pipe, South Afr. *Econ.*

Geol. No. 3, 587-590.

20) DANCHIN, R. V. et al. (1972) : Chromian spinell exsolution lamella in ilmenite from the Premier Mine, Transvaal, South Afr. *Cont. Min. Pet.* **35**(1), 43-49.

21) GRANTHAM, D. R. (1964) : The diamond deposits of Panna, central India. *Ind. Diam. Rev.* No. 2, 30-35.

21a) GRANTHAM, D. R. (1960) : Kimberlites in Sierra Leone. *Ov. Geol. Min. Res.* 8(1), 5-25.

22) FAIRBAIRN, P. E. (1966) : Stages in the tropical weathering of kimberlites. *Clay Mineral.* No. 4, 351-370.

23) ROZHKOV, I. S. et al. (1969) : ヤクートキンバリー岩パイプの古期風化殻. *Dokl. Akad. Nauk.* **188**(5), 1130-1133.

24) TOWNE, W. B. F. (1965) : Exploiting kimberlite fissures in the western Transvaal. *S. A. Min. Eng. Jour. July* 2, 1538-1548.

25) DAWSON, J. B. (1962) : Basutoland kimberlites. *Bul. Geol. Soc. Am.* No. 5, 545-560.

26) ALLAN, H. F. (1961) : Mining a vertical kimberlite fissure at Star Diamonds Ltd. *Jour. S. A. Inst. Min. Met. Jan.* 310-318.

27) MEYER, H. O. A. (1976) : Kimberlites of the continental United States. *Jour. Geol.* No. 4, 377-403.

28) GONSHAKOVA, V. I. (1969) : Volcanic pipes & dikes of kimberlitic rock on the Russian platform. *Int. Geol. Rev.* No. 1, 60-73.

29) LOFTUS, W. B. et al (1969) : Mining & treatment practice at the Finsch Mine, De Beers Cons. Mines. *Jour. S. A. Inst. Min. Met. March.* 364-407.

29a) *Discussion. Aug.* 26-31.

30) MITCHELL, R. H. (1970) : Kimberlites & related rocks. *Jour. Geol.* No. 6, 686-704.

31) 青木謙一郎 (1974) : キンバリー岩の巡検旅行, 岩鉱, No. 3, 121-127.

32) TROFIMOV, V. S. (1971) : The meaning of kimberlite. *Int. Geol. Rev.* No. 11, 1652-1656.

33) DAWSON, J. B. (1967) : Geochemistry & Origin of kimberlite in Ultramafic & related rocks. Edit. by P. J. WYLLIE, 269-278.

34) PAUL, D. K. et al. (1975) : Chemical characteristics & K-Ar ages of Indian kimberlite. *Geol. Soc. Am. Bull.* No. 3, 364-366.

34a) PAUL, D. K. et al. (1975) : Rare earths abundances in Indian kimberlite. *E. Plan. Sci. let.* **25**(2), 151-8.

35) HARRIS, P. G. et al. (1970) : The evolution of kimberlites. *Lithos* **3**(1) : 77-88.

36) LITINSKY, V. A. (1961) : On the content of Ni. Cr. Ti, Nb & some other elements in kimberlite & the possibility of geochemical prospecting for kimberlite bodies. *Geochem. Int.* No. 9, 813-821.

37) MCGETCHIN, T. R. et al. (1970) : Compositional relations in minerals from kimberlite & related rocks in the Moses Rock Dike, San Juan Cty., Utah. *Am. Min.* No. 9-10, 1738-1771.

38) BORLEY, G. D. (1975) : Stressed pyroxenite nodules from the Jagersfontain kimberlite. *Miner. Mag.* **40**(309), 6-12.

39) RICKWOOD, P. C. et al. (1968) : A study of garnets from eclogites & peridotite xenoliths found in kimberlite. *Cont. Min. Pet.* **19**(4), 271-301.

40) ILUPIN, I. P. (1974) : The pyroxene-ilmenite graphic inclusions from the Mir kimberlite pipe & their origin. *Int. Geol. Rev. Nov.* 1298-1365.

41) RINGWOOD, A. E. et al. (1970) : Significance of pyroxene-ilmenite intergrowth among kimberlite xenoliths. *E. Plan. Sci. Let.* **7**(4), 371-375.

42) MALICH, N. S. et al. (1976) : Distribution patterns of mineral resources in the Siberian platform cover. *Int. Geol. Rev.* No. 4, 417-424.

43) BROOKINS, G. D. (1969) : Possible age of crystallization of pyrope from the Stockdale kimberlite, Kansas, U.S.A. *Geochem. Jour.* **3**(2-3), 135-40.

44) MIKHEYENKO, V. I. (1974) : Age of kimberlite bodies of the Siberian platform. *Dokl.*

E. Sci. **217**, 52–54.
45) BORLEY, G. D. (1975) : Mantle deformation beneath the South African & Siberian platforms. *Nature*, **254**(5500), 489–491.
46) GURNEY, J. J. et al. (1975) : Discuss. of " A plate tectonic origin for diamond bearing kimberlite " *E. Plan. Sci. Let.* **27**(2), 356–358.
47) JAMES, T. C. (1965) : Diamantiferous diatremes. *Econ. Geol.* No. 5, 1073–1080.
48) FRICK, C. (1972) : The garnets in kimberlite and in the associated griquaite & ultramafic nodules. *Cont. Min. Pet.* **35**(1), 63–76.
49) BLAGULBKIN, A. B. (1974) : キンバリー岩中の幾つかの包有物とそのダイヤモンド包蔵性との関係, *Sov. Geol.* No. 4, 科技文速 56028151.
50) ROVSHA, V. S. (1971) : Mineralogical screening tests for the diamond potential of Yakutian kimberlite. *Dokl. E. Sci.* **201**, 185–188.
51) FRANTSESSON, YE. V. (1973) : Chemical factor & mineralogical criteria of the kimberlite rock capacity in diamond. *Izv. Acad. Sci. G.S.* No. 9, 89–96.
52) GURNEY, J. J. et al. (1973) : The discovery of garnets closely related to diamonds in Finsch pipe, S. A. *Cont. Min. Pet.* **39**(2), 103–106.
53) KHARKIEV, A. D. (1975) : The subcrustal (protomagmatic) stage of mineral crystallization in kimberlites & the relation to possible presence of diamond. *Izv. Akad. Sci. G. S.* No. 1, 14–23, 科技文速 G 75122003.
54) SNYMAN, C. P. (1974) : Possible classification parameters of S. Afr. kimberlires. *Jour. Geol. Soc. S. A.* **77**(2), 85–98.
55) DAWSON, J. B. (1968) : Recent researches on kimberlite & diamond geology. *Econ. Geol.* No. 5, 504–511.
56) MAL'KOV, B. A. (1973) : Differentiation of kimberlites. *Dokl. Acad. Sci.* **212**, 172–174.
57) ILUPIN, I. P. et al. (1974) : Geochemical specialization of kimberlites from various parts of Yakutia. *Geochem. Int.* **11**(2), 357–370.
58) AKIMOV, A. P. (1970) : Radioelement content of kimberlite of the Siberian platform. *Dokl. Acad. Sci.* **190**, 205–208.
59) KOMALOV, A. N. et al. (1975) : Potassium-uranium ratio in kimberlite. *Dokl. E. Sci.* **222**, 243–245.
60) KRESTEN, P. (1974) : Uranium in kimberlites & associated rocks with special reference to Lesotho occurrences. *Lithos*, **7**(3), 171–180.
61) REIS, B. (1972) : Preliminary note on the distribution & tectonic control of kimberlites in Angora. 24 th. *Int. Geol. Cong. Sect.* **4**, 276–281.
62) LOVERING, J. F. et al. (1968) : The petrological environment of magnesian ilmenite. *E. Plan. Sci. Let. June* 310–314.
63) SMIRNOV, I. S. (1959) : Mineralogy of Siberian kimberlite. *Int. Geol, Rev. Dec.* 21–39.
64) KHARKIEV, A. D. et al. (1973) : Diamond concentration in kimberlite veins. *Dokl. Acad. Sci.* **209**, 171–173.
65) SERGEYEVA, NYE. (1971) : E. P. M. A. study of micromorphology of picroilmenite. *Int. Geol. Rev.* No. 8, 42–46.
66) ALLEN, J. B. (1965) : Ultrabasic eruptives with alnoitic-kimberlitic affinities from Malaita, Solomon Islands. *Miner. Mag.* **34** (*Filley Vol.*), 16–34.
67) AFANASYEV, V. P. (1974) : Typomorphism of diamonds from kimberlite veins & possible bed rock sources of diamond bearing placers in N. W. Yakutia. *Dokl. E. Sci.* **214**, 154–157.
68) McCALLUM, M. E. et al. (1971) : Mineralogy of the Sloane diatreme, a kimberlite pipe in northern Larimer Cty., Colorado. *Am. Min.* No. 9–10, 1735–1749.
69) MITCHELL, R. H. (1973) : Magnesian ilmenite & it's role in kimberlite petrogenesis. *Jour. Geol.* No. 3, 301–311.
70) MITCHELL, R. H. (1972) : The relation between microindentation hardness & chemical composition in magnesian ilmenite. *N. Jb. Min. Mon.* No. 7, 312–316.

71) FRISCH, T. (1970) : A note on "The petrological environment of magnesian ilmenite by J. F. LOVERING et al." *E. Plan. Sci. Let.* 8(4), 329-330.

72) CERVELLE, B. et al. (1971) : Dosage rapide du magnesium dans les ilmenites par microreflectometrie. *Min. Dep.* No. 1, 34-40.

73) KNYAZEV, G. I. et al. (1974) : Thermoelectric properties of ilmenite, as prospecting & evaluation criteria for diamond deposits. *Dokl. E. Sci.* **217**, 138-140.

74) MEYER, H. O. A. (1968) : Chrome pyrope; an inclusion in natural diamonds. *Science, June* 28, 1446-1447.

75) MEYER, H. O. A. (1972) : Composition & origin of crystalline inclusion in natural diamonds. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **36**(11), 1255-1273.

76) MAL'KOV, B. A. et al. (1973) : Chrome spinellids as indicators of the presence of diamonds in Yakutian kimberlite. *Dokl. Acad. Sci.* **211**, 141-144.

77) ROST, F. et al. (1975) : Chemical investigation of pyrope garnets in the Stockdale kimberlite intrusion, Riley Cty., Kansas. *Am. Min.* No. 7-8, 675-680.

78) NIXON, P. H. et al. (1968) : A new chromian garnet endmember, knorringite, from kimberlite. *Am. Min.* No. 11-12, 1833-840.

79) LITINSKY, V. A. (1963) : Measurements of magnetic susceptibility in prospecting for kimberlite pipes. *Min. Mag. Spt.* 137-146.

80) OPPENHEIMER, H. (1972) : The Orapa story. *Min. Jour. Jun.* 2, 451.

81) DAWSON, J. B. et al. (1975) : Statistical classification of garnets from kimberlite & associated xenoliths. *Jour. Geol.* No. 5, 589-607.
Addendum. (1976) : *Jour. Geol.* No. 4, 495-496.

82) ILUPIN, I. P. et al. (1971) : ヤクーチャ産キンバリー岩中のパイロープに見られるケリファイト縁の特殊形態, *Izv. V. Geol. & Raz.* No. 8, 52-4, 科技文速 53043538.

83) REID, A. M. et al. (1970) : Pyropes in kimberlites. *Am. Min.* No. 7-8, 1374-1379.

84) SOBOLEV, N. V. (1973) : Chrome-rich garnets from the kimberlite of Yakutia & their paragenesis. *Cont. Min. Pet.* **40**(1), 39-52.

85) CARSTENS, H. (1973) : The red, green change in chrome bearing garnts. *Cont. Min. Pet.* **41**(3), 273-276.

86) SOBOLEV, N. V. (1972) : Zoned garnet from kimberlite of the Mir pipe. *Dokl. Acad. Sci.* **207**, 126-129.

87) ALEKSEYEVSKY, K. M. et al. (1972) : New data on the possible primary source of Timan diamond. *Dokl. Acad. Sci.* **204**, 82-83.

87a) ALEKSEYEVSKY, K. M. et al. (1974) : Properties of pyropes related to the diamond potential of the Northern Timans. *Dokl. E. Sci.* **218**, 126-128.

88) SOBOLEV, N. V. et al. (1969) : Chromepyrope from Yakutian diamonds. *Dokl. Acad. Sci.* **189**, 133-136.

89) SOBOLEV, N. V. et al. (1971) : Isomorphic sodium mixture in garnets formed at high pressures. *Cont. Min. Pet.* **31**(1), 1-12.

90) SOBOLEV, V. S. et al. (1972) : Inclusions in diamond from diamondiferous eclogite. *Dokl. Acad. Sci.* **207**, 121-123.

91) SOBOLEV, N. V. et al. (1970) : Olivine-garnet chromediopside assemblage from Yakutian diamond, *Dokl. Acad. Sci.* **192**, 134-137.

92) KHARKIEV, A. D. et al. (1973) : Cr & Ti content of garnets from ultramafic inclusions in Yakutian kimberlites. *Geochem. Int.* **10**(1), 156-162.

93) YEREMENKO, G. K. et al. (1972) : Thermochromatic effect in pyrope. *Dokl. Acad. Sci.* **203**, 129-131.

94) TRUEB, L. F. et al. (1972) : Microstructural investigation of Ballas diamond. *Am. Min.* No. 11-12, 1664-1680.

95) FRANTSESSON, YE. V. et al. (1974) : Carbonado, a diamond variety of nonkimberlitic origin. *Dokl. E. Sci.* **219**, 117-119.

96) COTTY, W. F. et al. (1971) : Differences between diamonds from different sources. Diam.

Research 1971, *I.D.R. Nov.* 8-11.

97) STRONG, H. M. et al. (1972) : The growth of large diamond crystals. *Nature.* **59**(1), 1-7.

98) 砂川一郎 (1969) : ダイヤモンドーその生いたちと性質, ラティス社.

99) SOKHOR, M. (1973) : A find of the polymorph of diamond (Lonsdaleite) in placers. *Dokl. Acad. Sci.* **209**, 118-121.

100) KAMINSKIY, F. V. (1972) : Distribution of kimberlite (of different facies) & associated rocks on the Siberian platform. *Dokl. Acad. Sci.* **204**, 87-89.

100a) KAMINSKIY, F. V. (1975) : Evidence of diamonds in alkali basaltoids in the northern part of the Russian platform. *Dokl. E. Sci.* **222**, 180-182.

101) WHITELOCK, T. K. (1973) : Morphology of the Kao diamonds in Lesotho kimberlite. Edit. by P. H. NIXON. 128-140.

102) LINHOLM, A. A. L. (1969) : Diamond recovery is big business. *E. M. J. Nov.* 67-80.

103) TRUEB, L. F. et al. (1971) : Carbon from Ubangi—a microstructural study. *Am. Min.* No. 7-8, 1252-1262.

104) WEAVIND, R. G. et al. (1958) : The recovery of diamonds from prospection samples. *Jour. S. A. Inst. Min. Met. July* 635-42.

105) RECKLING, K. et al. (1975) : "Diamonds" in industrial minerals & rocks, 4 th Ed. *Am. Inst. Min. Met. Pet. Engrs.* 587-604.

106) HARRIS, J. W. (1968) : The recognition of diamond inclusions. *Ind. Diam. Rev. Spt.* 402-410, *Oct.* 458-461.

107) MEYER, H. O. A. et al. (1976) : The nature & significance of mineral incusions in natural diamond : A Review. *Min. Sci. Eng.* **8**(4) : 242-61.

108) SOBOLEV, E. V. et al. (1973) : Nitrogen in Ukrainian diamonds. *Dokl. Acad. Sci.* **212**, 130-133.

109) KASHKAROV, I. F. et al. (1968) : More information on diamonds in Neogene & Recent sandy sediments in some Ukrainian district. *Dokl. Acad. Sci.* **179**, 156-159.

110) MCCALLUM, M. E. (1976) : Diamond in kimberlite diatremes of northern Colorado. *Geology, Aug.* 467-469.

111) WEAVIND, R. G. (1952) : The treatment & recovery of refractory diamonds. *Jour. Chem. Met. Min. Soc. S. Afr. May*, 243-244.

112) MEYER, H. O. A. (1975) : Chromium & the genesis of diamond. *Geochim. Cosmochim. Acta* **39**(6-7), 929-936.

113) KRESTEN, P. et al. (1975) : Kimberlitic zircons—a possible aid in prospecting for kimberlites. *Min. Dep.* **10**(1), 47-56.

114) SOBOLEV, N. V. et al. (1970) : A diamond bearing eclogite with calcium rich garnet from the "Mir" pipe, Yakutia *Int. Geol. Rev. Nov.* 1357-1358.

115) RICKWOOD, P. C. (1970) : Diamondiferous eclogite xenoliths in kimberlite. *Lithos*, **3**(3), 223-235.

116) MCCALLUM, M. E. et al. (1976) : Diamonds in an upper mantle peridotite nodule from kimberlite in S. Wyoming. *Science*, **192**(4236), 253-256.

116a) DAWSON, J. B. et al. (1975) : Occurrence of diamond in a mica-garnet-lherzolite xenolith from kimberlite. *Nature*, **254**, 580-581.

117) ROZEN, O. M. et al. (1972) : A diamond find in precambrian eclogite of the Kokchetov block. *Dokl. Acad. Sci.* **203**, 163-165.

118) PAVLENKO, A. S. et al. (1974) : On the diamonds in the ultramafic belts of Armenia. *Geochem. Int.* **11**(2), 282-294.

119) KUTIEV, F. SH. (1975) : Diamonds in basaltoids of Kamchatka. *Dokl. E. Sci.* **221**, 134-6.

120) GOROKHOV, S. S. (1973) : Intrusive eclogite, a potential source of bedrock diamonds. *Dokl, Acad. Sci.* **212**, 149-151.

121) GURNEY, J. J. (1972) : Plumbing the secrets of the earth's mantle. *Int. Diam.* No. 2, 42-48.

122) CLIFFORD, T. N. (1966) : Tectono-metallogenetic units & metallogenetic provinces of Africa. *E. Plan. Sci. Let.* 1(6), 421-434.
123) DAWSON, J. B. (1964) : An aid to prospecting kimberlites, *Econ. Geol.* No. 7, 1385-1386.
124) SHARP, W. E. (1974) : A plate tectonic origin for diamond bearing kimberlites. *E. Plan. Sci. Let.* 21(4), 351-354.
125) MEYER, H. O. A. (1975) : Kimberlite from Norris Lake, eastern Tennessee, mineralogy & petrology. *Jour. Geol.* No. 4, 518-526.
126) VAN BEMMELN, R. W. (1949) : The geology of Indonesia. II. 202-204.
127) DAVIDSON, C. F. (1967) : The kimberlites of the U.S.S.R. in ultramafic & related rocks, Edit. by P. J. WYLLIE. 251-261.
128) MAL'KOV, B. A. (1975) : Carbonatite-kimberlite, a new type of diamond bearing rock. *Dokl. E. Sci.* 221, 193-195.
129) BALDOCK, J. W. et al. (1976) : Gold, basemetals, & diamonds in Botswana, *Econ. Geol.* No. 1, 139-156.
130) GALLAGHER, W. S. (1960) : Mining blue ground at De Beers. *E. M. J. June.* 92-102.
131) DU TOIT, G. J. (1959) : Williamson diamond mine. *Mine & Quar. Eng. Apr.* 146-153, *May*, 196-200.
132) FRANTSESSON, YE. B. (1976) : キンバーライトフィールドの構造の特徴, *Geol. Rudn. Mestro*, No. 4, 科技文速 G 77034326.
133) HAWTHORNE, J. B. (1968) : Kimberlite sills. *Tr. Geol. Soc. S. A.* 71, pt. 3, 291-311.
134) CLEASBY, J. B. (1975) : Mining practice in the Kimberley Division of De Beers Consolid. Mines Ltd. *Jour. S.A. Inst. Min. Met. Dec.* 247-272.
135) ADAMSON R. T. et al. (1963) : The retreatment plant at Premier diamond Mine. *Jour, S. Afr., Inst. M. M. Spt.* 45-68.
136) ZVEDER, L. N. (1973) : Effect of faults on the diamond concentration in kimberlite of Siberian platform. *Dokl. Acad. Sci.* 208, 69-72.
137) ANONYM (1965) : The evaluation of South African diamond occurrences *S.A.M.E.J. Nov. 26*, 2793-2794.
138) METELKHINA, M. P. (1976) : The associations of precambrian diamond bearing conglomerates. *Int. Geol. Rev. Oct.* 1194-2000.
139) HEA, J. P. (1975) : Exploration needed for a new mining industry in Venezuela. *C.I.M. Bull. March*, 133-144.
140) APPLIN, K. E. S. (1972) : Sampling of alluvial diamond deposits in West Africa. *Trans. Inst. M. M. Apr.* A 67-A 77.
141) BORCHERS, D. et al. (1970) : Beach mining at Cons. Diamond Mines of S. W. Africa Ltd; exploitation of the area between the high & low water marks. 9th Commw. Min. Met. Congres. 1, 571-590.
142) PROKOPCHUK B. I. (1973) : Zoning in the distribution of diamond placers on old platforms. *Dokl, Acod, Sci.* 212, 100-102.
144) 斉藤正次 (1973) : 太平洋戦争当時の南方地質調査始末記, 鈴木醇一人と背景, 130 p.
145) SHARP W. E. (1976) : A log—normal distribution of alluvial diamonds with an economic cutoff. *Econ. Geol.* No. 3, 648-655.
146) KUTZUETSOV V. M. (1976) : キンバリー岩を発破で採掘する場合のダイヤ結晶の保持に関する問題について, 科技文速 G 76171285.
147) LOWRENCE C. P. A. (1958) : Earthmoving in the diamond mines of southern Africa. *Jour. So. Afr. Inst. M. M June* 563-587.
165) CLARKE R. G. (1977) : World will run out of natural iudustrial diamonds. *Diam. News & S. A. Jew. March* 39-47.

(昭和52年9月16日受理)

地学雑誌 87, 1 (1978)

第7回環太平洋深成作用プロジェクト研究集会開催報告

野 沢 保*

Report on the Technical Session of 7 th CPPP Meeting in Japan, 1977

Tamotsu NOZAWA

上記の会議が昭和52年8月，日本で開催されたので簡単に報告する。

環太平洋深成作用プロジェクト (Circum-Pacific Plutonism Project, CPPP と略称)は，ユネスコと国際地質学連合の主催する国際地質対比計画 (International Geological Correlation Program, IGCP と略称) の1プロジェクトで，1972年に発足し，1976年までに6回の国際集会を催し，IGCP の中でももっとも活動的なプロジェクトとなっている。プロジェクトの内容と目的は次にあげるこれまでの集会のテーマから明らかであろう。このプロジェクトは，アメリカ地質調査所の Dr. P. C. BATEMAN をリーダーに，15ケ国，約100名の参加者をもっている。

(年)	(所)	(テーマ)
1) '72	Santa Cruz	not selected
2) '73	Santiago	Setting of Batholiths
3) '74	S. California	Mechanism of emplacement of batholiths
4) '75a.	Vancouver	Timing of Circum-Pacific Plutonism
5) '75b.	Kuala Lumpur	Plutonism as related to tin mineralization
6) '76	Sydney	Relation of granite magma generation to sea-floor spreading, subduction zones and other features of the Pacific margins.

このうち，第2回集会の成果は，Pacific Geology 1974, No. 8 に特集号として再録され，第7回のそれは，Geological Society of Malaysia から特輯号として近く刊行される筈である。

今回の集会は，昭和52年8月19～26日の間，中部日本，名古屋―富山間で，領家帯・濃飛流紋岩・飛驒帯を南北に横断する巡検と，富山大学における2日間のシンポジウムがもたれた。参加者は，海外から18名（カナダ2，アメリカ3，チリ1，オーストラリア2，イギリス1，韓国2，タイ4，ソ連1，シンポジウムのみにニュジーランド1，ユネスコ代表1），国内から約60名であった。

巡検コースと主な話題は次の通りであった。

1. 領家帯：駒根―鹿塩間の変成岩，天龍峡および非持花崗岩・ミロナイト，三波川結晶片岩，中央構造線，小渋川ぞいの生田・天龍峡・非持花崗岩・ミロナイト。ここでは，foliation の強い花崗岩は変成岩ではないか，花崗岩の構造は中央構造線形成の影響をうけているのではないか，古期領家花崗岩の形成は初期中生代または後期古生代にまでさかのぼるのではないかなどが話題になった。
2. 濃飛流紋岩：阿木川溶結凝灰岩，苗木花崗岩，恵那山溶結凝灰岩とこれに貫入する花崗斑岩，伊奈川花崗岩，付知峡，東俣，夕森山溶結凝灰岩，小坂の火道角礫岩。ここでは，外国でも稀な火山層序の確立が評価され，各ユニットの内部変化，境界，サイズなどが検討され，essential という用語より consanguineous の

* 地質調査所 Geological Survey

方がよくないか，本質レンズの由来，堆積前の地形と構造，火山岩と深成岩の関係などが問題になった。

3. 飛驒帯：宮川ぞいで外縁帯の結晶片岩，上広瀬礫岩—下之本型船津花崗岩，球状岩，片麻岩類，眼球片麻岩，神岡で船津型船津花崗岩，ミロナイト，ミグマタイト，synplutonic dike，神岡鉱山の坑内，露天掘，小谷露頭。ここでは，変成作用，深成作用が何回，何段階あったか，眼球片麻岩や foliation の強い花崗岩の一部は片麻岩起源ではないか，外縁帯の結晶片岩は環太平洋地域各地でみいだされる弱変成，時代未詳前期古生代層に似ているのではないか。神岡付近の角閃石ミグマタイトの形成時期，鉱床との関係などが問題となった。

シンポジウムは，"Plutonism in relation to volcanism and metamorphism" というテーマで8月27，28日の両日，下記の通り計22篇の講演が行われた。

1. ARAMAKI, S., TAKAHASHI, M. and NOZAWA, T.: Kumano Acidic Rocks and Okueyama complex; Two examples of the granitic rocks in the outer zone of southwestern Japan.
2. HILDRETH, E. H.: A zoned pluton at the eruptive stage: The Long Valley Magma Chamber (California) as evidenced by eruption of the Bishop Tuff.
3. BATEMAN, P. C. & NOKLEBERG, W. J.: Solidification of the Mount Givens Granodiorite, Sierra Nevada, California.
4. NABETANI, S. & KANO, H.: Geophysical studies on plutonic structures in the Kitakami mountainland, northeastern Japan.
5. PITCHER, W. S.: The anatomy of a batholith.
6. HONMA, H. & KAGAMI, H.: Zonal distribution of oxygen and strontium isotope ratios in the Cretaceous granitic rocks of the Chugoku province, Japan.
7. KURODA, Y., SUZUOKI, T. and Matsuo, S.: Equilibrium and disequilibrium type of the Japanese granitic rocks derived from hydrogene isotope study.
8. SILVER, L. T.: Fractionation domains in the Peninsular Ranges Batholith: A clue to source regions.
9. SATO, T.: Aluminous minerals in gneissic xenolith of the Yakushima-granite, Southwest Japan.
10. IKEDA, Y.: Intimate correlation in composition between granitic rocks and their country rocks in Japan.
11. KANO, H.: Siluro-Devonian volcano-plutonism in the metamorphic basement complexes in the Japanese Islands.
12. AGUIRRE L. & LEVI B.: Relation between metamorphism, plutonism and geotectonics in the Paleozoic and Mesozoic edifices of the Northern segment of the meridional Andes.
13. LEE, D. S.: Chemical compositions of petrographic assemblages of igneous and related rocks in South Korea.
14. RODDICK, J. A. & WOODWORTH, G. J.: Relationship between plutonism, metamorphism and volcanism in the Coast Mountains, British Columbia.
15. PRICE, R. C. & SINTON, J. M.: Geochemistry of granitoids and gabbros from Southland, New Zealand.
16. SUENSILPONG, S.: The role of plate collision in tin mineralization in Thailand.
17. WHITE, A. J. R., BEAMS, S. D. and CRAMER, J. J.: Granitoid types and mineralization with special reference to tin.
18. SOHMA, T.: Plutonism in relation to

metamorphism in the Hida metamorphic complex, central Japan.

19. KANO, T.: Origin of augen gneisses and related mylonitic rocks in the Hida metamorphic region.
20. AKIYAMA, S. & KONAGAI, K.: Plutonism and mineralization in Kamioka Mine, central Japan.
21. MANTAJIT, N.: Petrology of granitic rocks and migmatites in Ban Mong Area, Amphoe Mae Chaem, Chiangmai, Thailand.
22. GRAPES, R. H.: Mesozoic-Cenozoic arc-trench development, Neogene orogeny and the 'Hidaka Belt' anomaly in Hokkaido.

プログラムからもわかるように，講演の約3分の1は plutonism の広域的な総括と成因に関したものであり，他は火山作用と深成作用を結びつけた構造や，広域的な深成ー火山作用，地域的な花崗岩体の記載と成因論，花崗岩の酸素および水素アイソトープ，花崗岩と母岩の関係，その他深成作用と変成作用・鉱化作用との関係，プレート説による深変成作用の説明などを論じたものであった。全体として，深成作用の地質学，岩石学あるいは岩石化学的な側面に多くの興味がそそがれ，地球物理学的なアプローチに乏しかった。学術講演ではないが，ユネスコ代表の Mr. G. TRAPP は，特に講演を要求して，ユネスコの特にアジア地域における活動の紹介とユネスコからみた IUGS-IGCP-CPPP 活動の評価と問題点をのべ，ユネスコが発展途上国に重点をおくよう方針をかえたことを力説した。

巡検およびシンポジウムのほか，8月25日には，プロジェクトのビジネス・ミーティングが開かれ，新しく CPPP グループの一人，カナダの Dr. HUTCHISON が IUGS の Secretary general に就任したので，彼の IGCP についての経過と現在の問題点についての説明をきいた。更に懸案となっていた2件を審議した。一つは，Dr. PITCHER がうけもっている Annoted bibliography on Circum-Pacific plutonism で，彼は Dr. AGUIRRE の協力をえて，各国からおよそ1,600文献をあつめ整理を終ったが，出版の方途がたたず，当面コピイを配布して修正追加の上，印刷問題をきめることになった。もう一つは，Dr. KRASNY がすでに chief editor になることをひきうけている Circum-Pacific plutonism map で，原図は1：10,000,000，その中で特によく調査されている地域は1：2,000,000の inset map として，太平洋部分にひき出して図示すること，および1979年，ハバロフスクで開かれる Pacific Science Congress までに完成したいという意見をのべたが，前カンブリア紀のとりあつかい，inset map にする地域の選択等で多くの意見が出てまとまらず，更に小委員会を組織して討論したが充分結論に達せず，遂に Dr. BATEMAN が収拾案をあらためて各国代表に送ることになった。最後にこのプロジェクトの今後の活動および最終の総括刊行物についての意見を出しあって終った。なお，次回は，1979年の Pacific Science Congress の際に巡検をふくめて開催したいというソ連の意向がつたえられている。

今回の日本集会の開催にあたつては，文部省の科学研究費補助金，万国博記念協会の補助金をはじめ，地質調査所，富山大学，神岡鉱山その他の多大の援助をうけた。ここにあわせ記して，深い感謝を捧げる。

なお，本シンポジウムの論文集 "Plutonism in relation to volcanism and metamorphism" 324 p.，27 論文，は残部があるので頒布する。頒価2,300円，送料200円，申込みは，〒213 川崎市高津区久本135，地質調査所，山田直利まで（送金は住友銀行溝ノ口支店，普通預金，No. 625947，CPPP 山田直利宛）。

(1977年11月10日受理)

東亜地質鉱産誌編集委員会一奥書

小 林 貞 一

Compilation Committee for Geology and Mineral Resources of the Far East —Final Report

Teiichi KOBAYASHI

本委員会については幹事の植村癸巳男，坂本俊雄両氏がすでに地学雑誌 Vol. 78, No. 3, 1969 と Vol. 85, No. 1, 1976 にその詳細な記事を寄せている。委員会は昭和50年6月の解散に先き立って，同年4月に Geology and Mineral Resources of the Far East (in English) Vols. 1-3 の残部合計 391 volumes を海外 86ヶ国の大学や諸機関274に寄贈した。

昨年2月発行の本誌85巻1号の委員会記事には140通の受領謝状の到来したことを記している。その後本年9月6日までに更に10ヶ国から14通の礼状が届いた。そのうちに新しい国としては Levanon, Costa Rica, Madagascar があり，ソ連内では Novosibirisk や Kazakhstan の Alma Ata から礼状が来ている。3巻を揃えて送れなかったところからは，欠巻を是非購入したいという希望も寄せられているが，最早や絶版で如何とも し難いのは残念である。

本協会は1911～1916に支那地学調査を行って，先づ揚子江流域と中支那及南支那の双篇を大正2，6両年に発行し，本報として支那地学調査報告，3巻，3秩を出版した。その第3巻は英文であったので，海外の図書に屢々引用されている。本委員会の Geology and Mineral Resources of the Far East も亦3巻からなり，それに先き立って邦文の東亜地質鉱産誌3巻を出版し，続いて東亜地質図を編纂した。上記英文の3巻は今や広く世界に頒布され，東亜地質の貴重な文献として永く参照されるであろう。

因みに上記の寄贈図書の返礼として昭和51年秋以降に委員会宛に西独・東独・オーストリア・チェッコスロバキア・ユーゴスラビア，ソ連（カザック共和国・シベリアのノボシビリスク），オーストラリアの7カ国・9機関から14包が送られて来たので，本協会の蔵書として保存されることになった。

また，返送されて来た4包，6冊は委員会の寄贈主旨に従って，前回漏れていたネパール，リビア，ボトスワナ，パラグアイ，エクワドル，フィジーの地質学関係機関へ協会から寄贈することになった。これで欧文東亜地質鉱産誌は合計92ヶ国，280機関宛に寄贈されたことになる。

(1977年9月27日受理)

書 評

大韓民国学術院編：学術総覧 第九輯，1974，第十輯，1975

ソウルの学術院すなわち National Academy of Sciences では学術総覧が1968年に企画され，近年上記の２輯が出版された。共に地質学篇で，そのⅠ（1900～1945）は359頁，そのⅡ（1946～1975）は464頁である。諺文を読めないために，Ⅱのうちには著者，標題まで不明のものが多々あるが，漢字と Alphabet から論文の内容がほぼ察知されるものも少なくない。多少の遺漏はあろうとも両冊は非常な労作の賜で朝鮮地質についての貴重な出版物である。

Ⅰでは朝鮮地質関係の文献を，一般地質学・鉱物学・岩石学・鉱床学・層序学・古生物学・地球物理学と地球化学の七部門に分類して，各分野毎に論文を年代順に配列して，摘要を附している。その凡例中には57出版物の略号が示されている。

Ⅱでは第七部門が地球物理学・地球化学・地下水となり，第八部門として選鉱・製錬を加え，巻末にⅠとⅡの索引がある。Ⅰの索引（28頁）は地方別と著者別からなっている。Ⅱの索引は（1）著者別（32頁），（2）英文（２頁），（3）其他に分けられ，其他のうちには国立地質調査所，国立地質鉱物研究所・農業振興公社・大田試験所製錬所・大韓鉱業振興公社・地下水開発公社・土地改良組合連合会などの出版物が含まれている。

	部　　門	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ＋Ⅱ
1	一般地質学	43	80	123
2	鉱物学	57	57	114
3	岩石学	11	20	31
4	鉱床学	138	87	225
5	層序学	13	24	37
6	古生物学	48	9	57
7	地物・地化・(地下水)	17	70	87
8	選鉱・製錬	0	62	62
	１～８　計（頁数）	327	409	736

両輯の容量を頁数で見ると36年間の文献を容するⅠよりも最近30年間のⅡの方が大きい。これを部門別にしてみると上表のように増減がまちまちであるが就中，Ⅱに於ける第七・八部門の激増が著しい。両輯を通じて見ると鉱床学部門が圧倒的に大きく，地質学一般と鉱物学の両部門がこれに継ぐ。

Ⅱの一般地質学の部門には夥しい数の５万分１地質図・説明書が挙っているが，その層序が漢字で表になっているものは大変参考になる。層序学古生物学両部門でもこの種の表があり，イタリックで化石名が記されていて判読の助けとなる。*Xenostaffella* Cheng, 1974 を初め若干の新種が記載されているので，それらの文献は古生物学の専門家は参照する必要がある。

Ⅱには東亜地質鉱産誌，朝鮮の部の48篇や Geology and Mineral Resources of the Far East, ３巻中の朝鮮関係19篇，そして東亜地質図中の18図幅が欠けている。その上に更に最近30年間の北朝鮮関係の文献を加算すれば，その数は厖大なものとなるに違いない。

朝鮮地質文献目録（立岩巌・津田秀郎ら編，1933, 39, 40, 41）や立岩巌著 朝鮮地質調査研究史（東大出版会発行，1976）などを手引きにして隣国の地質を描いていると，その他に厖大な新知識が既に現地では得られているのであるということ，韓国文献は入手可能であっても，日本には殆んど来ていないこと，そしてその大部分が諺文で書かれていることを思うと，これを咀嚼するのは甚だむずかしい。今や最近の東亜地質を大観するのは愈々困難になって来た。それにも拘らず，日本地質を考える場合海洋側に劣らず重要なのは大陸側の地質である。

終りに延世大学の金玉準教授と宮沢俊弥東教大名誉教授の好意によって上記の両輯を見ることが出来たことを記して両氏に感謝する。（小林貞一）

Sigfrid SCHNEIDER u. Erich STRUNK (hrsg.) : Deutschland neu entdeckt. Hase u. Koehler Verlag/Mainz, 1972. 24×34cm. 201 S. 96 Luftaufnahmen.

空中写真の研究，利用が高まるにつれて，いろいろな目的の空中写真集が枚挙にいとまのないほど，内外において刊行されている。空中写真の研

究において令名の高い編集者の手になる本書は，既に数年以前に刊行されたものではあるが，最近ようやくこれを手にすることができた筆者は，その内容に深い興味を覚えたので，遅れ馳せの感は深いが，ここにその大要を紹介したい。

本書には，M. SCHWICKERT 氏撮影になるカラーの垂直写真（24×約 25 cm）94葉（ほかに黒白写真２葉），各写真についての解説文，巻末の文献目録等が収められている。編集者の序文によれば，これらの写真は，写真撮影専用機 Do 27 に搭載された大型連続撮影カメラ（画面の大きさ23×23cm）を用いて，1970年から1973年にわたって撮影された２千枚以上にも及ぶものの中から選ばれたものの由である。

本書に収められた96葉の写真の大部分は，比較的低い高度から撮された，縮尺の大きなものである。各写真には，撮影年月日時刻，飛行高度，写真の縮尺，それに方角が付記されている。それによれば飛行高度はその大半が2,500m 以下，なかには数百mのものもある。縮尺では，半数にあたる47葉は１万分の１から1.5万分の１程度，それより大縮尺のものが27葉，その中には5,000分の１若くはもっと大縮尺のもの７葉が含まれている。更に時期的にみると，全体の３分の２以上が1971年撮影になり，季節的には７月～９月にほとんど集中している。撮影の時間帯からみると10時から12時までのものが約３分の２を占める。したがって全体的には，夏の午前中の写真が大半ということができる。

さて肝腎な被写体についてみると，いくつかの著名な都市域の大撮しもなくはないが，むしろ地方都市とその周辺，あるいは農村地帯ないしは非都市地域に係わるものが点数からみると遙かに多い。また火山，低湿地，河川のほか，氷河・周氷河地形などに焦点をあてたものも少なからず含まれている。写真の配列は北海沿岸にはじまり，次第に南に及んで，アルプスに終っている（なお最後に戦前，現在のベルリンの２葉の黒白写真が収められている）。このように，撮影範囲は西ドイツ全土にわたり，被写体もさまざまである。しかし本書がその国土全般を，万遍なく，いわば網羅的に示そうとしたものではないことは，掲げられた個々の写真からも，またそれに付せられた解説からも十分うかがわれる。あまねく知られた都市，あるいは地域でも，本書には収録されていない例はいくつもある。また，扉の裏に描かれた索引地図から，およその位置は解っても，適当な地図でもないとそこの位置付けがしにくい例がむしろ多いことに注意される。事実，筆者は手許に備えてあった20万分の１の地図類を頼りにあたってはみたが，そのような小縮尺の地図にはその地名が載っていない例が少なからずある。やや狭い範囲を大撮しにした比較的大きな縮尺の写真を揃え，それを徹底的に解読しているところに本書のもつ性格が端的に表われている。

さて，写真の解説は，各写真の対向ページに収められ，40数人の地理学者によって，分担執筆されている。なに分に，書き手が多いために，筆法にはかなりの個人差のあるのは避け難いが，そこには地域空間の構造とその変化，例えば大都市内部の変容，都市化・工業化の波及に伴なう地方都市・農村地域の土地利用の変化をカラー写真（赤外カラー写真をも含む）のもつ豊かな表現力を巧みに利用しつつ，写真上で明快に指摘するという太い筋が１本はっきりと通っている。焦点が実に鋭く，印刷の仕上りも良い各写真を揃えたことは，本書のもつ特色の１つでもあろう。

本書は，広義の土地利用がこの国において如何に進展し，変化しつつあるか，新しいものと古いものとがどのように並存しているのかを，96葉という限られた枚数の垂直写真解説という手法を通じて提示しようとしたものと解される。その点では十分成功したものと云えよう。なお巻末には，各解説に関連する詳細な文献目録が収録されている。

まえに触れたように，本書に収められた写真のほとんどが夏季の撮影になるという点で，この国の国土のもつ性格のあるものは表現されていないうらみもないではない。また，解説者の思いちがいのためか，若干の誤記もないではない。しかしそのようなことは何れも余りに些細な点であろう。

ひとことで云って，本書は数ある類書の中で，この国の地理についての美事な研究資料を提供する出色なものとみることができるであろう。

（矢沢大二）

協会記事

将来検討委員会（昭和52年12月１日）

出席者：坪井会長，末野委員長，川上，坂倉，森本，神山，湊，片山，保柳，斉藤の各委員。

議　事：

1．会館改築完了を目途として，協会の活動方針，具体的内容等を決めることが望ましい。

2．会館改築，協会活動方針，計画等をふまえて，協会定数の改訂を検討する必要がある。

3．次項について意見を交換した。

(1) 海底資源に関する資料情報の蒐集。

(2) 非金属資源に関する資料情報の蒐集整備。

(3) 国際的立場から，資料情報センターとしての活動。

4．会館改築に関する進渉状況および臨時総会に提案する「地学会館新築趣意書」につき詳細説明がなされ，質疑応答があった。

理事会（昭和52年12月１日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，神山監事，片山，木村，佐藤，前島の各理事。

議　事：

1．下記の正会員の退会を次回評議員会に提案することにした。

大木謙一（逝去），大炊御門経輝

2．12月17日の講演会の講師と演題を決定した。

3．百周年記念事業の件

(1) 東京地学協会創立百周年記念事業募金趣意書案を諒承した。

(2) 今後は百周年記念事業実行委員会が事業の推進に当たることとし，その委員長は保柳副会長とした。

(3) 実行委員に池辺穣，石和田靖章，坂倉勝彦，佐藤茂の４氏を追加することにした。

4．会館建築委員会関係

(1) 前回理事会以後の経過の報告を諒承した。

(2) 佐久間富正氏を建築委員会嘱託とする。

(3) 現在のテナントとの接渉事務について。

5．臨時総会の議題を決定した（12月17日臨時総会記事の議事と同じ）。

6．12月３日の評議員会ならびに12月17日の臨時総会の運営について協議した。

7．韓国学術院との間で出版物の交換を開始することを諒承した。

8．日本地学史資料調査委員会に予算を配分し，調査研究費から流用することを決めた。

評議員会（昭和52年12月３日）

出席者：評議員：岩生周一，片山信夫，木村達明，佐藤光之助，式　正英，末野悌六，虎岩達夫，保柳睦美，前島郁雄，他に委任状による者を含め計32名。他に坪井誠太郎会長，小林貞一名誉評議員，岡山俊雄監事。

議　事：臨時総会とその議案について

昭和52年12月17日午後３時から臨時総会を開催し，次の議案を提出することを承認した（議案については臨時総会記事のものと同じ）。

講演会（昭和52年12月17日）

石油健保会館において「地下水変動と地震予知」について，講師垣見俊弘君（地質調査所）の講演があった（参加者41名）。

臨時総会（昭和52年12月17日）

於：石油健保会館

出席者：末野副会長，保柳副会長など155名（委任状によるもの129名を含む）。

神山貞二君を議長に選出し，以下の議事を進めた。

議　事：

「議案：地学会館新築に関する件」として，次の３議案を一括審議した。

議案第一号　現在の地学会館を廃棄し，その敷地に新しい地学会館を建築する件。

議案第二号　東京地学協会が所有する土地ならびに新築される地学会館を担保として，金融機関から借入金を借り入れる件。

議案第三号　定款第２条改正の件。

片山理事から今までの経過と今後の見通しについて報告した後，各議案の具体的内容を説明し，質疑応答の後，原案を可決した。

なお，議案第三号については，仮事務所が確定したとき，その所番地を記入して改正案を完成することを，理事会に一任した。

理事会（昭和52年12月27日）

出席者：坪井会長，保柳副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，式，前島の各理事。

議　事：

1．臨時総会議事録を承認した。

2．文部省に提出する第6回（52年12月1日）理事会議事録を審議した。

3．会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過の報告を諒承した。

(2) 建築の監督契約について審議した。

(3) 新会館の部屋割については，一部修正の上，原案を諒承した。

(4) 会館建築委員会の当面の資金について議した。

編集委員会（昭和53年1月11日）

出席者：式委員長，安斉，井上，川上，神戸，五条，前島，前田，矢沢の各委員。

議　事：

1．地学雑誌第87巻2号の編集について審議した。

将来検討委員会（昭和53年1月21日）

出席者：末野委員長，片山，坂倉，尾崎，保柳，平山，湊，川上，前島，佐藤(光)，神山各委員

議　事：

1．神山委員を幹事に委嘱することを諒承した。

2．地殻エネルギーに関して総合的学術的意見のとりまとめを，国の政策に反映すべき時期にきているのではないかという意見があり，地熱，火山，地震等について関係委員，会員より意見を求めて，委員会として検討を進めることにした。

3．協会運営の基本構想は，その性格，構成会員の特性等から，総合的な問題，国策に関与するような問題をとり上げるべきではないかという意見があり，このことについて議論した。

1980年国際地理学会議（IGC）記事（3）

(1) シンボルマークについて

IGC シンボルマークの公募に対し，その後1名1点の追加応募があり，総計14人25点となった。1977年11月29日の第9回準備委員会で鈴木堯氏の作品1点と菊谷春彦氏の2点が佳作入選作品に選出された。そして両氏の作品それぞれ1点について修正を依頼し，修正された作品について当選作品1点を改めて選考する事を幹事会に一任した。1977年12月17日の幹事会で修正後の両氏の作



品を選考した結果鈴木堯氏の修正された作品を当選に決定した。

当選者：鈴木堯氏（上図が当選作品）

佳作入選者　菊谷春彦氏（2点）

当選作品は IGC 関連の統一シンボルマークであり，印刷物，旗，バッチ，案内板などすべてに用いられ，その版権は1980年 IGC 組織委員会（現在は同準備委員会）に帰属することになっている。

(2) First circular について

英文および仏文で書かれた正式なものが予備申込用紙と共に1月末に完成している。入手希望者は下記問合わせ先に送付方をハガキ又は手紙で申し込まれたい。その日本文の要旨は次の通りである。

国際地理学連合（IGU）第15回総会

第24回国際地理学会議（IGC）

第一報（サーキュラー No. I）

1976年夏のモスクワ会議で決定されたように国際地理学連合第15回総会と第24回国際地理学会議は1980年に日本で開催されます。

I.G.U. の長い歴史の中で，これは東アジアで開かれる最初の国際地理学会議です。各国，各地

から多くの地理学者たちが参加されることを，期待しております。

1980年国際地理学会議準備委員会役員

会長　山本荘毅

副会長　木内信蔵・矢沢大二

相談役（エグゼキュティブ・アドバイザー）

市川正巳・西川　治

各種委員会委員長等　石井素介・浮田典良，川上喜代四，式正英，髙野史男，竹内常行，中野尊正，正井泰文，町田貞，吉川虎雄

総務委員長　吉野正敏

主　催

日本学術会議，日本地理学会，東京地学協会，その他多くの地理学会や団体，個人の協力の下に催される。

用　語

I. G. U. の公用語として英語，フランス語

会議と巡検

1. プレ・コングレス（1980年8月下旬約1週間）

多くのI. G. U. コミッションとワーキング・グループが日本各地で専門家会議が野外巡検を伴なうシンポジウムの形式で会合を開く。複数のコミッションないしワーキング・グループ又は他の地理学団体と共催で，ジョイント・ミーティングが開かれる可能性もある。

2. メイン・セッション

（8月31日，受付，9月1日～5日東京，主に赤坂周辺）

総会

セクション　1．地形学　2．気候学・水文学・氷河学　3．生物・土壌地理学　4．一般自然地理学　5．経済地理学　6．人口地理学　7．都市地理学　8．文化・社会地理学　9．歴史地理学　10. 地誌学　11. 地理教育

一般シンポジウム

資源・環境・日本文化などのテーマを考慮中。

他に，レセプション，宴会，公開講演，夜のプログラム，家族プログラム，日帰り，半日巡検などを予定。

3. ポスト・コングレス（9月6日以後，約一週間）

一般巡検とテーマ巡検

若干のコミッションまたはワーキンググループがメインセッション後に開かれるかも知れません。巡検について御意見がありましたらお知らせ下さい。

登　録

主登録　1980年8月31日（日）東京

参加会費　未定。4～5の種類を設ける予定。

発　表

招待発表と公募発表がある。

展示会

東京で，地図その他地理学器材・書籍などの展示会を予定（多くの部分は国際地図学会共催）。内外の政府または民間によるテーマ図，一般地図，地図帳，リモートセンシング資料，写真，書籍，雑誌，器材等を募集，詳細は第2報を参照のこと。

予備登録

予備登録票は1978年6月30日までに総務委員長宛に送ること。

第2報

1980年 IGC の第2報は予備登録者・各国委員会・配布希望申込者に1978年9月に送付。

問合せ先

IGC に関するすべての問合せは下記宛とする。

宛先：〒 300-31　茨城県新治郡桜村
筑波大学地球科学系
IGC 総務委員長　吉野正敏

(3) 寄付金の振込先について

前回の記事で知らせた寄付金の振込先の口座番号等は次の通りである。

第一勧業銀行根津支店
普通預金　口座番号　1351095
加入者名　日本地理学会 IGC 運営委員会
代表　西川　治

（川上記）

訃　報

本協会会員大木謙一君は，昭和52年10月31日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。　　　　　　　　会長　坪井誠太郎

大木謙一教授(金沢経済大学)は，去る10月31日朝逝去された。病名は右自然気胸，闘病生活は約4カ月という。まことに哀悼に堪えない。大木教授は昭和9年京都大学理学部地質学鉱物学科卒業後，満洲鉄道株式会社に入社，終戦まで満洲各地の地質調査に従事し，幾多の輝しい業績を残された。その1つは光義炭田（埋蔵量5億トン，製鉄用原料として良質，現在中国にて盛大に開発中）の発見である。その功によって旧満洲国により叙勲の栄誉を受けられた。なお終戦後は一旦故郷金沢に引揚げられ，昭和24年に北海道油谷炭鉱に入社，その後米軍地質調査所勤務を経て，同42年金沢経済大学設立とともに地学教授として招聘され，同大学にて多くの後輩を指導し今日に及んだ。

学位論文「満洲西部及び華北，特に熱河北票地方の中生界層序，火成活動及び地質構造」昭和31年　　　　　　　　（春城清之助）

訃　報

本協会会員，元評議員尾留川正平君は昭和53年1月21日午前10時，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

追　記

なお，故尾留川正平会員の紙碑を次号又は次々号に掲載する予定です。

お　し　ら　せ

東京地学協会は，地学会館の新築工事のため，事務所を当分の間下記の仮事務所に移転します。

期　　間：昭和53年3月20日から，約1年半の間

仮事務所

宛名番地：〒102　東京都千代田区九段南4-5-11，富士ビル7階

電話番号：(261) 0809（いままでと同じです）

位　　置：靖国通りの一口坂交叉点そば，麹町郵便局東隣り。

交通の便：市ケ谷駅から徒歩約7分，都バス（東71，秋72，茶80）一口坂バス停前。

なお，3月20日前後の1週間は，上記移転作業のため，協会の一般事務は停止させていただきます。

東京地学協会

Journal of Geography
Vol. 87, No. 1 (823), 1978

地学雑誌　第823号　昭和53年2月20日印刷　昭和53年2月25日発行

編集兼発行者　式　正英

発行所　社団法人　東京地学協会　東京都千代田区二番町12の2
郵便番号102　電話東京(261)0809番　振替口座東京66278番

印刷所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎3-12-15

東京地学協会取扱い出版物　(▲印新刊)

1/5万　地質図説明書付き（△印を除く）　(※近刊)

460円
400円

松
尾
田
仁　合
穂
業　山
内
田
台　西　部
予　三　崎
館
部
郡　東　部
妻　岬
島　小　島
肥
垣
迫
畑
江　長　浜
屋　市　場
鹿
花　沢
浜
田
南
津
島

霧島山
串本
鞍岡
小清水
小泊
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
ﾄ沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智山
男体山
西方
沼田
鰐崎
八丈島
春立
羽幌
浜益

東茂住
猿岳
平戸
人首
船津
幌加内
本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
森吉山
門別
焼尻島
湯本
吉野山
米子
呼子
留萠

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
羽前金山
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島

大村
奥津
大江山
鹿屋
上里
鯛ノ浦
加子母
金木
加治木
北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
川内
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦

肥前高島付野母崎
日奈久
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

五所川原
田老
妹背牛
△横田
脇野沢

850円　〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

竹田
蓼科山

2,390円
〒 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
岩沼
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
※尻屋崎
竹貫
▲多良間島
鶴居
富江
那珂湊
野尻
彦根東部
都城
陸奥川内
米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田
大樹
館
多里
飛騨古川

各 1,840円
〒 450円

秋田
※本荘
八が岳

各 〒400円
辺・勝本・郷ノ浦　1組 600円
館・霰露岳　〃 600円

大間・佐井　1組 600円

阿田和・新宮　1組 600円
伊予高山・八幡浜　〃 600円
掛塚・見付　〃 600円

雑誌　隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

東京地学協会取扱い出版物

1/20万 地質図 各 〒 300円（※近刊）

石巻	440	稚内	620
大分	440	岩内	870
男鹿島	440	天塩	870
唐津	440	広尾	870
高知	440	尻屋崎	870
野辺地	440	根室	1,140
羽幌	440	鳥取	1,140
松山	440	北見	1,140
輪島	440	剣山	1,140
伊良湖岬	440	斜里	1,140
青森	620	留萌	1,310
網走	620	帯広	1,310
酒田	620	知床岬	1,310
新庄	620	釧路	1,310
標津	620	▲豊橋	1,310
苫小牧	620	※野母崎	1,310
深浦	620	静岡および御前崎	1,870
宮津	620	旭川	1,870

1/50万 地質図 各〒 300円

金沢	1,280	八丈島	500
岡山	1,280	奄美大島	500
福岡	1,950		

1/7万5千 地質図 説明書付き 各〒 400円

鬼首	490	徳島	490
高松	490	勿来	490

〒 450

日本地質図索引図（Ｉ） 日本東部	3,160
日本地質図索引図（Ⅱ） 日本西部	3,700
▲日本地質図索引図第３集（1970—1974）	4,710

日本炭田図Ｖ	釧路炭田新縫別地域地質図ならびに説明書	730
日本炭田図XⅢ	天北炭田地質図	4,190
	天北炭田炭層対比図炭柱図	2,650

東京地学協会発行 保柳睦美

日本の学者による中国本土に関する地理学的研究著書・資料・論文目録（1935—1950）	200 〒350
地質図幅目録図昭，52年版	640 〒200

斉藤報恩会発行 （正会員の割引無し）

増田孝一郎・野田浩司
日本の第三紀及第四紀 1950－1974

軟体動物のチェックリスト	定価 9,000円	〒 都内 550 第一地帯 670 第二 〃 770 第三 〃 870

〒 各 400円 （▲

156	地震探鉱反射法の研究
160	兵庫県西播地域工業水源地域調査報告
161	山形市付近の天然ガス地化学調査報告
162	秋田県小坂鉱山の母岩の変質
164	火薬爆発によつて生ずる雑振動および反射波の実験的研究
165	北海道のチタン資源
168	宮崎県小林市付近天然ガス調査報告書
184	弾性波パルスの伝播に関する研究
185	上部石狩層群堆積過程における豊里堆と芦別沈降盆地
186	八幡油田鹹水の地球化学
188	地表付近の天然放射能によるガンマ線強度分布について
189	青森県尾太鉱山の硫化鉱物中の微量成分について
193	北海道庶路地域の炭田ガスについて
194	天草下島教良木層産治新世有孔虫類
200	本邦クロム鉱床の成因的研究
220	北海道の鉄資源
221	北海道常呂地方のスピライトと含マンガン赤鉄鉱鉱床
226	イラン国北西部のアングラン鉱山
235	北西九州古第三紀砂岩中のジルコン—ざくろ石—電気石比がもつ地質学的意義
252	草津—万座地熱地域の地質学的リモートセンシング
254	爆破地震による地震波速度の時間的変化に関する研究
特別号	（５） 爆破地震動観測資料より得られた松代群発地震域の地下構造
特別号	（C） ゲルマニウム資源について
特別号	（６） 1974年伊豆半島沖地震調査報告

第11回太平洋学術会議組織委員会編集
Japan Guide Book for the Congress T
頒布価格１部 700円 〒 4C
（正会員は定価の１割引

備考 正会員一割引
ご注文の代金（送料含め）は前金で頂きま
〒 102 東京都千代田区二番町 12—2
社団法人・東京地学協会
御送金先 下記何れか宛にお願いいたします。
振 替 口 座—東京—0—66278
第一勧業銀行麹町支店（普） —1404044
三菱銀行麹町支店（普） —4048103
註：ただしこの欄の地質調査所報告は，仮事務所中（本誌奥付の欄参照）は，都合により取り扱いしませんので御諒承下さい。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 2 (824), 1978

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　（▲印新刊）

各 〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本の火山	1,490
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方頒家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,800
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本温泉分布図	1,280
	日本温泉鉱泉一覧	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
1/ 20万	海洋地質図Ⅰ，甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	海洋地質図Ⅱ，対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	海洋地質図Ⅲ，相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	海洋地質図Ⅳ，相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	海洋地質図Ⅴ，紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	海洋地質図Ⅵ，紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	海洋地質図Ⅶ，琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	▲海洋地質図Ⅷ，西南日本外帯沖広城海底地質図	2,000

日本油田ガス田図(Ⅰ)	青山奥	820
日本油田ガス田図(Ⅱ)	横　浜	820
日本油田ガス田図(Ⅲ)	横須賀	820
日本油田ガス田図(Ⅶ)	魚　沼	3,410 〒750
日本油田ガス田図(Ⅷ)	本　宿	1,510
日本油田ガス田図(Ⅸ)	七　谷	820
日本油田ガス田図(Ⅹ)	茂　原	2,140
日本油田ガス田図(Ⅺ)	佐　渡	1,510
▲　同　上	佐　渡説明書	1,510

各 〒400円

日本水理地質図(Ⅰ)	木曾川左岸・矢作川・豊川流域	
日本水理地質図(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	
日本水理地質図(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	
日本水理地質図(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	
日本水理地質図(Ⅶ)	千葉西部	
日本水理地質図(Ⅷ)	奈良県大和川流域	
日本水理地質図(Ⅺ)	長野県松本盆地	
日本水理地質図(Ⅻ)	兵庫県南西部	
日本水理地質図(XⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
日本水理地質図(XⅤ)	都城盆地	
日本水理地質図(XⅥ)	仙台湾臨海地域	
日本水理地質図(XⅦ)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
日本水理地質図(XⅧ)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
日本水理地質図(XⅨ)	熊本県白川および黒川流域	
日本水理地質図(XX)	鳥取県日野川流域	
日本水理地質図(XⅪ)	福岡県矢部川中流域	
日本水理地質図(XⅫ)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
日本水理地質図(XXⅢ)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
日本水理地質図(XXⅣ)	長野県千曲川中流域	1,
日本水理地質図(XXⅤ)	島原半島	1,

北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅰ
北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅱ
北海道金属・非金属鉱床総覧　Ⅲ

各 〒450円

空中磁気図(Ⅰ)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,
空中磁気図(Ⅱ)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,
空中磁気図(Ⅵ. Ⅶ)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1
空中磁気図(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1
空中磁気図(Ⅺ. Ⅻ)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1
空中磁気図(XⅢ)	福井-豊岡-隠岐海域	
空中磁気図(XⅣ. XⅤ. XⅥ)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1
空中磁気図(XⅦ, XⅧ)	天北-十勝地域	



写真 1　飯盛山よりナウマンの見たフォッサマグナ



写真 2　竜爪山より見たフォッサマグナ南端



写真 3 静岡市麻機のフォッサマグナ

フォッサマグナの俯瞰

Bird's-eye View of "Fossa Magna"

ナウマンがフォッサマグナを発見したのは1876年の11月であった。ちょうど100年に当ると言うので，1昨年の夏ナウマンの足跡をたどり野辺山から平沢へ越えて巡検を行った。

夏の事であいにく視界が悪く全貌はわからなかった。時折霧の中に赤岳が見えがくれする清里高原にはアサマフウロの赤い花やマツムシソウの紫の花が荒地に趣を添えていた。同じ年快晴の体育の日，暗い内に静岡を発ち韮崎から再度平沢へ向った。国界の峠に着いたのは6時半であった。西を見ると前回霧に見えがくれした八ケ岳は一点の雲もなくその全容をあらわし，広い裾野をたどると南西には雪をいただいた白根，鳳凰の連山が朝日に映え，釜無の谷へ真直な崖が切り立っていた。大門川の広い凹地の中の朝霧の中に何条かの平行な南北の丘陵の列が浮かびあがり，まさしく大断層の谷である事が知れた。谷の東には茅ケ岳，金峯山の山々が連なり，この断層の地溝を限っていて，ナウマンの記述の通り，その端に富士山が顔をのぞかせていた。写真1は国界峠から南東に登った飯盛山から南西～南方向の俯瞰である。左から仙丈岳と白根三山が連なり，切り立った崖の下が釜無川である，手前の丘陵の列は長沢，旭山等の丘陵地帯で左手韮崎平野に没する。この広い溝地がフォッサマグナである。

フォッサマグナの南端は静岡平野にもぐるが竜爪山はその平野から突出する1041mの山でフォッサマグナ南端の山である。静岡市内の殆んどの学校では秋から冬にかけて竜爪登山を行うのが年中行事となっている。文珠岳の頂上で生徒にフォッサマグナの説明をするのが附属の校長としての私の役目でもある。写真2はその時の南への俯瞰である。手前の則沢沿いに糸魚川—静岡線の大きな破砕帯があり谷の西側にケルンコルが見える。左手に日本平がかすみ，静岡平野の真中に見えるのが谷津山である。断層はこの右側を通る。風のない晴れた日であったが，ややかすみがあり，機から文珠岳の1等三角点と愛鷹山を結ぶ国土地理院の光波測量が行なわれていたが，測定条件として良くない由であった。写真3はこの南静岡市桜峠から麻機への眺望である。図の右の山が前述の谷津山である。断層は左手の茶畑の丘の間のケルンコルのところを通る。 (徳山 明撮影，Photo by A. Tokuyama，1976年)

地学雑誌 87, 2 (1978)

東アフリカ地溝帯西部地溝の地震活動について

ZANA Ndontoni* 高木章雄**

Seismic Activity of Western Rift in Africa

ZANA Ndontoni and Akio TAKAGI

Abstract

Since 1953 the Institut de Recherche Scientifique du Zaire (I. R. S.), formerly Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale (I. R. S. A. C.), operates a seismological network in the Kivu region of the Zaire Republic within the western branch of the East African Rift System. Between 1960 and 1970 a few data related to the Lake Moero and Upemba Rifts were obtained by the intermittent operation of three stations in the Shaba region.

Based mainly on the data collected by the above mentioned network, the authors analyze the seismicity of the Western Rift Valley of Africa and related problems. The distribution of earthquakes within the considered region is examined and evidence is given for the existence of high seismic zones. Furthermore, the vertical distribution of earthquakes reveals some regional characteristics within the Western Rift Valley.

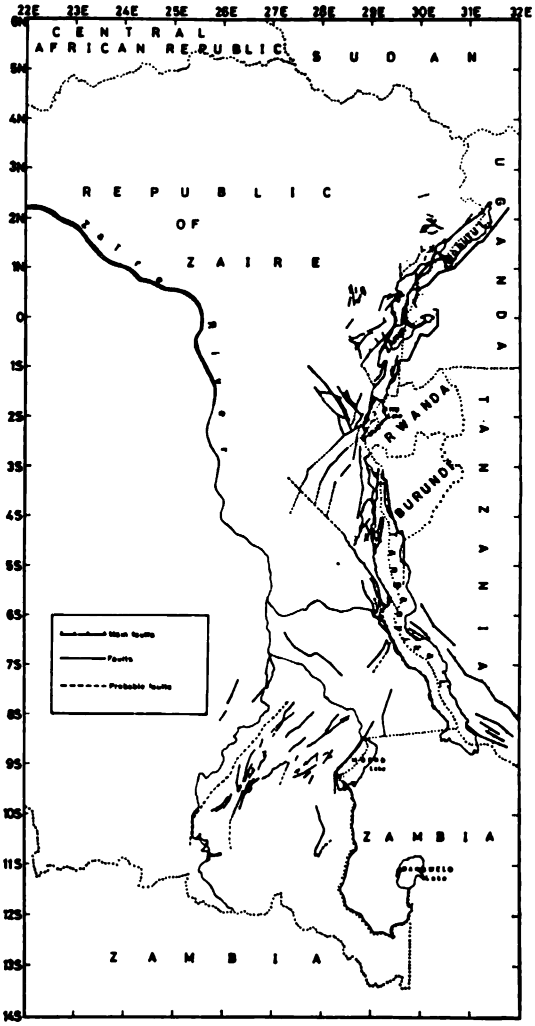
The Investigation of the focal mechanism of the earthquakes which have occurred in the Western Rift Valley of Africa shows the existence of an uniform system of tectonic stresses pulling apart the rift margins. The distribution of the direction of tension and pressure axes within the Western Rift Valley and its vicinity is presented.

I. はじめに

アフリカ大陸東部高地をほぼ南北に走る細長い凹地を東アフリカ地溝帯と称し，それはエチオピアからケニアを通りザンベジ河口に至る東部地溝（グレゴリーリフト））及びザイールとウガンダ・ルワンダ・タンザニアの国境を通る西部地溝から成りたち，北部エチオピアで紅海とアデン湾に接している。この東アフリカ地溝帯は1960年以前においては大陸内部に存在する地溝帯として ライン，バイカル両地溝帯との類似性からその学問的興味が持たれていた。その後1961年から国際協力の下に始められた Upper Mantle Project の成果により海洋底拡大説が提唱され全地球的な造構造運動すなわちプレートテクトニックスという新しい地球変動論の考えが確立され始められると共に東アフリカ地溝帯の興味ある地学現象はこの新しい変動帯論と関連して極めて重要な意義をもつものと考えられるに至った。それはプレートテクトニックスにおける海嶺はその中央軸部に地溝性の凹みが存在し，浅発地震活動，火山活動が伴っている等の事で特徴づけられているが，東アフリカ地溝帯は大陸内部の活動帯であるにもかかわらず，すべてこれらの特徴を有していることから海嶺型の活動帯と考えることの方が本質的であろうと推論されるに至ったからである。実際にアファー三角地からアデン湾を経てインド洋海嶺に接している事からもうなづかれ，さら

* ザイール共和国科学院地球物理学研究センター Institut pour la Recherche Scientifique, Rep. du Zaire

** 東北大学理学部 Faculty of Sciences, Tohoku University



第1図 東アフリカ地溝帯西部地溝

にその地震活動度は海嶺のそれに比し弱く，震源の空間分布は海嶺に比し集中的でない等の事実は活動帯発展過程の一つの相を示すものとして認識されるに至った。

東アフリカ地溝帯についてはその地理学的・地球科学的興味から古くよりヨーロッパから派遣された科学者により研究が行なわれていた。地震学の分野ではベルギー領コンゴー時代，西部地溝帯中部のキヴ湖を中心に1953年以来王立中央アフリカ科学研究所 (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale 略称 I.R.S.A.C.) により西部地溝中部周辺に地震観測網が設けられ，意欲的な研究が行なわれていた。その研究所のあるキヴ州ルイローに中心観測所を置きベニオフ型短周期地震計・コロンビア型長周期地震計・ウッドアンダーソン型地震計，他の3つの衛星観測所にはベニオフ型短周期地震計，ウッドアンダーソン型地震計が置かれ常時観測が続けられ，さらに各観測所には IBM の時計が配置され当時の日本の観測網の時計精度をはるかに超える精度にて観測が続けられていたのである。この事は当時からこの地溝帯は研究対象として魅力的であると共にその活構造の解明に極めて積極的であったことを思わせる。

1950年代後半，アフリカ大陸に独立の気運がみなぎり1960年はアフリカの年と言われた様に17ケ国がこの年に独立宣言を行なった。前記の中央アフリカ科学研究所もザイール共和国大統領府直属となりその研究業務が移管された。しかし不幸な事に独立の混乱は約7年間続きその間外国から派遣された研究者の帰国，現地研究者の不足，研究費の不安定等の苦難の中で観測網の維持にそのほとんどの力が費やされ，研究のより一層の発展は一時停滞した。その結果東アフリカ地溝帯の研究から1960年代に発展した海洋底拡大説，プレートテクトニックスの新しい考えについて決定的な寄与は出来なかった。勿論上記理由の外に大陸の地殻構造は単純な海洋地殻と比較して複雑であり，地震活動度も高くなく，造構造運動を反映する諸現象が海嶺のそれに比し必ずしも明瞭でないから新しい変動帯論に貢献する為にはより高密度の研究観測網が必要であったかも知れない。ともあれ自然環境のきびしいアフリカ大陸でも大洋に比較すれば高密度の研究観測網の設置が可

第1表

モブツ湖	~45km
アミン湖	~45km
キヴ湖	~50km
タンガニイカ湖北部	~50km
タンガニイカ湖南部	~40km
ニアサ湖	~40~60km
ムエル湖	50km

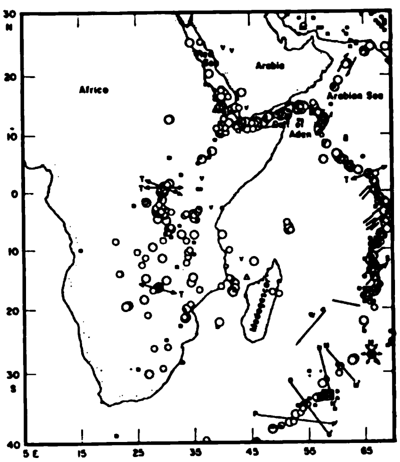
能であるから それにより精度高い観測研究が行なわれれば地球変動論の新しい重要な発展に大きな役割を果たすであろう。

1970年ザイール共和国大統領府は日本政府に対し付属機関である中央アフリカ科学研究所の地震火山研究部門に属する観測網の整備，研究指導，研究者の養成等について全面的な協力を要請してきた。当時の海外技術協力事業団（現在国際協力事業団）は技術協力を拡大した研究協力の重要性を考え1971年発展途上国に対する研究協力に関する問題点等を調査する事を含めて地震，火山に関する日本一ザイール共和国の二国間国際研究協力を推進する事を決めた。広大なアフリカ大陸に散在する数少ない観測所の整備に協力する事はザイール共和国自身の国際協力の仕事を間接的に手伝う事にもなるし，島弧一海溝系を研究環境とする多くの日本人地球科学者が対照的な地溝帯に接する事また地溝帯を研究対象とするザイール科学者が島弧一海溝系を知る事は将来の研究発展の上に極めて有意義な結果を生むであろうと確信し国際協力事業団を通じ東北大学を始め弘前大学，宇都宮大学により協力研究が1971年より開始された。本論文はザイール共和国大統領府付属の科学院（Institut pour la Recherche Scientifique, 略称 I.R.S.）ルイロー地震研究部門に属する観測網により得られた資料を基に西部地溝の地震活動の特性について概要をまとめたものである。

II. 西部地溝の諸特性

西部地溝は第1図に示すようにモブツ湖（アルバート湖）からアミン湖（エドワード湖），タンガニイカ湖を経てニアサ湖の北端まで，ほぼ連続する細長い陥没帯でニアサ湖の北端で分岐し南西に延びている。この地溝の幅は第1表に示されるようにほぼ一様で大西洋の海嶺の中央部の陥没部の平均的な幅とほとんど同じことが注目される。

その走向はヴィクトリア湖の西を弓形にほぼ南北にのび，その中心付近のキヴ湖の周辺では地溝や断層はやや複雑な形をしている。この西部地溝は至る所連続でなくモブツ湖とアミン湖の中間には標高5130mのルウェンゾリ山塊（先カンブリア界）が存在しているが，これは細長い岩体が地溝として陥没するとその長さは圧縮がない限り地球の曲率のため短縮されるので，一様に連続して陥没することが不可能のため部分的に隆起が生ずる筈である。ルウェンゾリ山は将にその理由により生れたものと解釈されている。なお地溝帯最大規模の地震（M＝7）はこの付近に発生していることは興味深い。アミン湖とキヴ湖の間にビルンガ火山地域があり，その中には世界でもその例が少ない溶岩湖をその火口内に持ったニイラゴンゴ火山がある。この火山は1977年1月の噴火により溶岩湖を失なったが，この溶岩湖は自然の作ったマントル迄達するマグマの井戸と考えられ，その溶岩湖面位の消長は直接西部地溝の活動に関連する力学的過程に結びつくものと考えられ，詳しい調査が望まれている。現在その周辺に三つの観測所が建設されつつある。



第2図　アフリカ大陸及びその周辺地域の地震活動（SYKES と LANDISMAN による）

○　震源の深さ＜70km（1950～1966）
△　震源の深さ＞70km（1950～1966）
□　GUTENBERG と RICHTER により決定された震央
●，■　はM＞7の地震
T　正断層型発震機構の張力軸の方向

SYKES と LANDISMAN (1970) は1950～1966年の世界観測網による地震資料からこの地域の震源分布を求めた（第2図）。その結果，東アフリカ地溝帯の地震活動は海嶺のそれと比較すれば低く，かつ，集中的でなく地溝からかなり離れた地域にも地震が分散して発生しているという特徴を指摘した。一方，震源の深さ分布に関しては海嶺のそれとよく調和



写真 1 Nyiragongo 火山 (1972年8月, Photo by J. P. Van der BECKE)

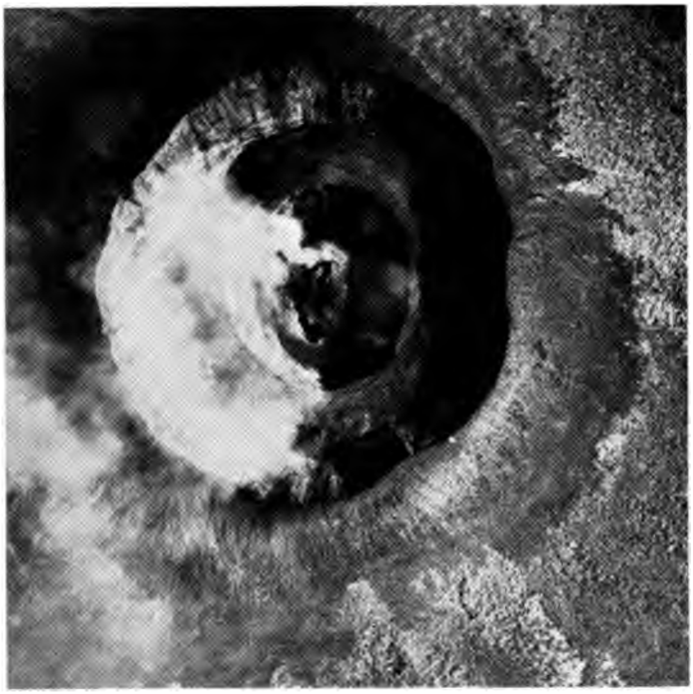


写真 2 Nyiragongo 火山 (1957年, ザイール国地理調査所 4万分の1 空中写真より縮少)

写真説明

Nyiragongo (ニイラゴンゴ) 火山

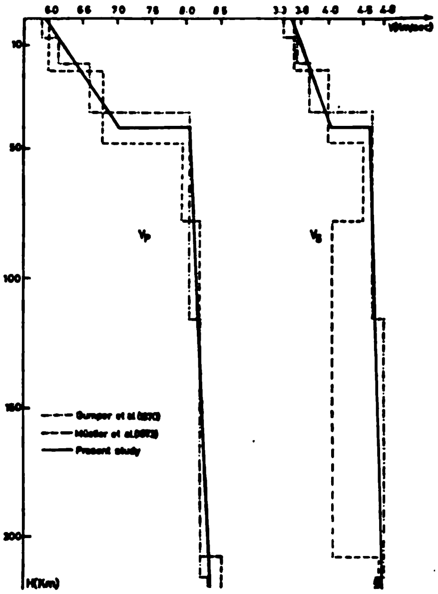
ニイラゴンゴ火山はアフリカ西部地溝帯のほぼ中央，ザイール共和国キヴ州，に位置する世界でも有数な活火山で，火口に溶岩湖 (直径 1 km) を有している。1928年以降現在まで，その活動が継続し，1972年，溶岩湖面は月平均 3 m の割合で上昇し，1973年4月には最高位になり第1プラットホームに達した。その後，やや低下しながらも上下を繰り返し，活発な活動を続けていたが，1977年1月の噴火の際，外輪が崩壊したため溶岩湖の現状は現在不明である。写真1は1972年8月，臨時火山地震観測を実施した時，溶岩湖の状況を撮影したものである (外輪から南西方向を見たもの)。写真2は同火山の比較的静穏な1957年当時のもので写真1と比較し巨大な溶岩湖の活動を知ることができよう。

:とんどの地震が地殻およびマントル最上部に集中していることを見出した。
HLENBERG (1968) は IRSAC の資料を基に 1954～1960年の震源分布を精力的に求めた。その結
YKES 等により決められた比較的大きな地震の分布と大差はないが震央が地溝に集中している地域
:している地域があり，全体として一様に広く分散しているということではないことが分かった。
RAD と GIRDLEN (1971) はタンガニイカ湖南部から南西方向に表面地形と関係なく地震帯が存在
とから地溝がこの方向に潜在的に存在していることを示唆した。BRAM (1972) はザイール共和国
シャバ地方で微小地震の特別観測を行ない同じ結果を得た。
S と BANGHAR (1969) は1966年3月20日のルウェンゾリ山近くに発生した地震の本震および余
機構を調べた結果，震源に働いている最大張力は地溝の走向にほぼ直角で，かつ，水平であるこ
直下の地震と同じように地震帯に働く張力により正断層が形成され，地震が発生するものと結
。

今までの研究結果は極めて貴重なものであるが観測点密度の低いこと，地溝周辺の複雑な地殻およ
トル上部の速度構造の仮定等なお考慮すべき点が
さらに詳細な精度高い研究が望まれていた。

III. 西部地溝の地震活動

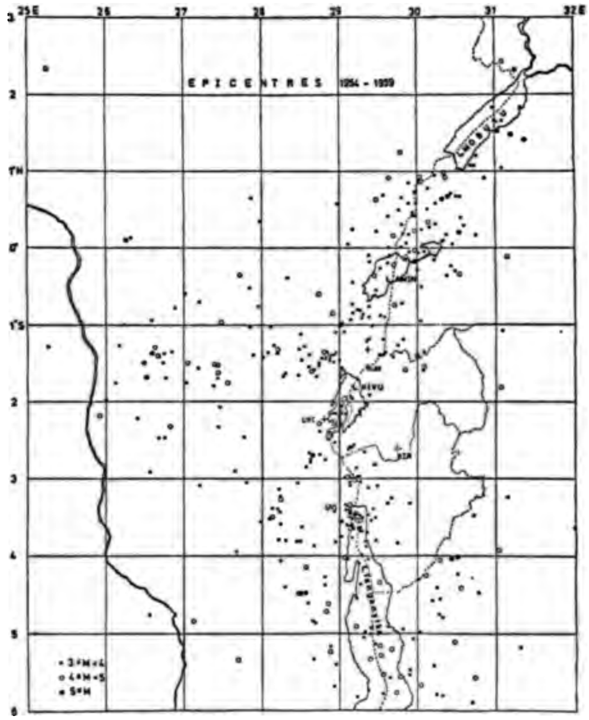
年以来キヴ湖を中心に地震観測網が設けられた。
の LWI, UVI, BTR, RUM が最初の観測所で
1966年のルウェンゾリ地震を契機に BTC が設け
。RUM はビルンガ火山に最も近い観測所である
RUM のかわりに3つの，火山研究の為の観測
立中である。DCC, MLN, LBC はザイール共和
のシャバ州にあるダム湛水による誘発地震を研究
につくられた地震観測所であるが将来ザイール共
震観測網に編入される予定である。
決定にはこれらの観測所のデータ及びナイロビー
ア)，バンギ（中央アフリカ共和国)，ローデシア
のデータが用いられた。
JEFFREYS-BULLEN (1940, 1958) の速度構造を用
決定が行なわれていたが，GUMPER 等 (1970) に
フリカ大陸の平均的速度構造，MÜELLER等(1973)



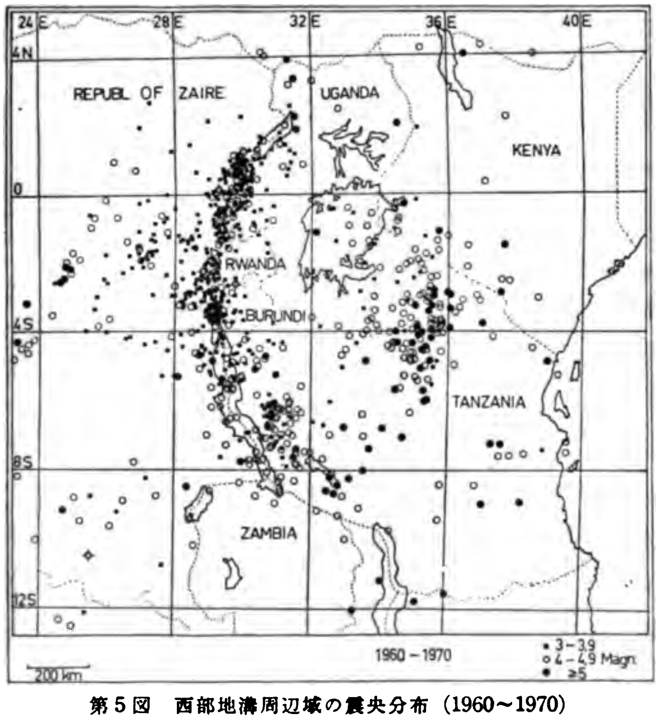
第3図　震源決定に使用した速度構造

第2表　ザイール共和国地震観測所

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Lwiro (LWI)	2°14′18.0″S	28°48′00.0″E	1748
Uvira (UVI)	3°24′00.0″S	29°07′00.0″E	950
Butare (BTR) = Astrida (AST)	2°37′00.0″S	29°44′00.0″E	1648
Rumangabo (RUM)	1°20′24.0″S	29°21′36.0″E	1590
Butembo (BTC)	08′00.0″N	29°17′00.0″E	1710
N'Zilo (DCC)	10°30′25.0″S	25°27′25.0″E	1437
Mulungwishi (MLN)	10°47′00.0″S	26°37′30.0″E	1200
Lubudi (LBC)	9°54′00.0″S	25°59′00.0″E	1375



第４図　西部地溝周辺域の震央分布（1954　1959）



第５図　西部地溝周辺域の震央分布（1960～1970）

による東アフリカの平均的速度構造を参照し第３図に示した様なこの地域に最も適当と思われる速度構造を採用し，AKI（1964）の計算方法を用い震源の再決定を行なった。これらの再決定されて得られた震源分布は現在東アフリカにおける最も信頼度の高いものと考えられる。第４図，第５図はそれぞれ1954～1959，1960～1970のマグニチュード別の震源分布図である。これらの図からわかる様に震源は地溝帯に密接に関係し分布しているが海嶺に沿って線状に発生している分布とは明らかに差があり0°から南緯4°の間では西方に大きく分散している事がわかる。

1）　北部のアミン湖周辺は観測網からかなり離れていて，かつウガンダに地震観測所がない為地震活動のパターンを詳細に調べる事が出来ない。特に東部地溝のルドルフ湖との連続性については明らかでない。

2）　ルウェンゾリ地域は西部地溝における最も地震活動の活発なところで1966年３月20日にはM＝7.0の地震が発生し，その余震の継続時間は東アフリカの観測歴史上最長であったと報告されている。

3）　ビルンガ地域はニイラゴンゴ・ニヤムラギラの活火山により代表される地域である。第６図に見られるように両火山直下には全く地震が発生していない。また第７図はビルンガ地域から約100km離れたルイローにおける火山性地震の月別頻度分布図であるが1962年以降地溝帯直下の活動を反映して火山性地震が漸増し，1965年には急激に活発となり，1967年にはニヤムラギラが噴火した。その間，1966年３月20日約180km離れたルウェンゾリに地震（M＝７）が発生したがその直後一時

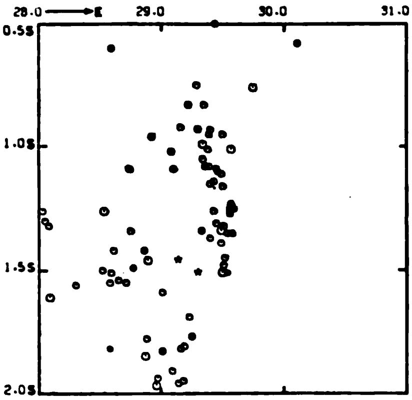
活動が弱くなった事実は秋田駒ケ岳（1970）の火山活動が約1か月後に発生した秋田県南東部地震発生と共に，その活動が急激に衰えたことと対比し興味深い。広域にわたり地溝帯の応力場の相互関係の存在を示唆している。

4）タンガニイカ湖北部周辺は西部地溝の中で地震活動の高い地域で1952年1月31日M＝$6\frac{1}{4}$，1960年9月22日M＝6.5等の地震が発生したが，その地震活動は一般的に群発型である。第1図に示されているように南北の地溝帯に北西，南東および北東—南西の走向を持つ断層が集中するところであるから，その破砕度により群発型の地震を発生するものであろう。事実この周辺の地震の石本—飯田の m は平均的に2より大きい。

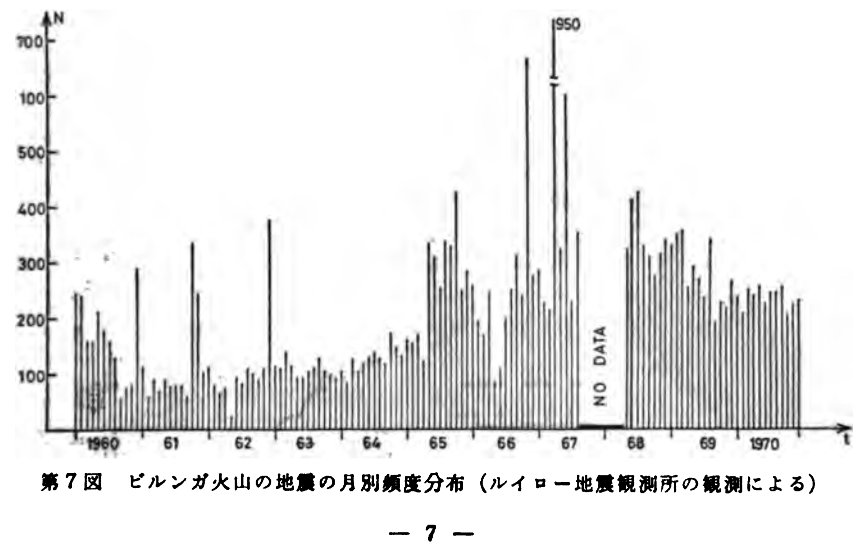
5）タンガニイカ湖南部地域の地震活動はタンガニイカ湖南部からルクワ湖に延びる地溝帯に沿い活発で，タンガニイカ湖の東縁に沿って発生している。この地域は観測網からかなり離れているため比較的大きな地震のみ震源決定がなされているがかなり地震活動の高い地域と考えられる。1957年1月22日の地震はタンザニアのキゴマ沿岸に小津波を引き起こしたという。一方，M＝6の地震は1949年以来全くない事実もあり，東西両地溝帯の接合部であるから今後詳しい研究を実施する必要があろう。現在，タンガニイカ湖南部西岸に新観測所を計画している。

6）西部地溝西方地域の地震活動は地溝からかなり西方に離れて活発であり，その南の端は4°S付近であるが北の境界は必ずしも明瞭でなく，表面地形と全く関係ない。しかし，第9図に示されているこの地域のブーゲー異常のパターンは実によく地震分布と一致していて海溝のような定常的地溝活動に入る前の，初期の造構造運動を暗示しているものと考えられる。この西部地域の地震活動の研究はアフリカ西部地溝帯の動特性を究明するための鍵となる地域であろう。

第10図～第13図に震源の東西鉛直断面図を示す（編者注：第10～13図は省略）。これらの再決定された震源分布図から，西方に分散している地域を除きほとんどの地震活動は地溝と関係していることが分かる。また第14図から分かるようにそのほとんどの地震は深さ5 km～25km以内に発生し，大陸の



第6図　ビルンガ地域の震央分布
★：活火山

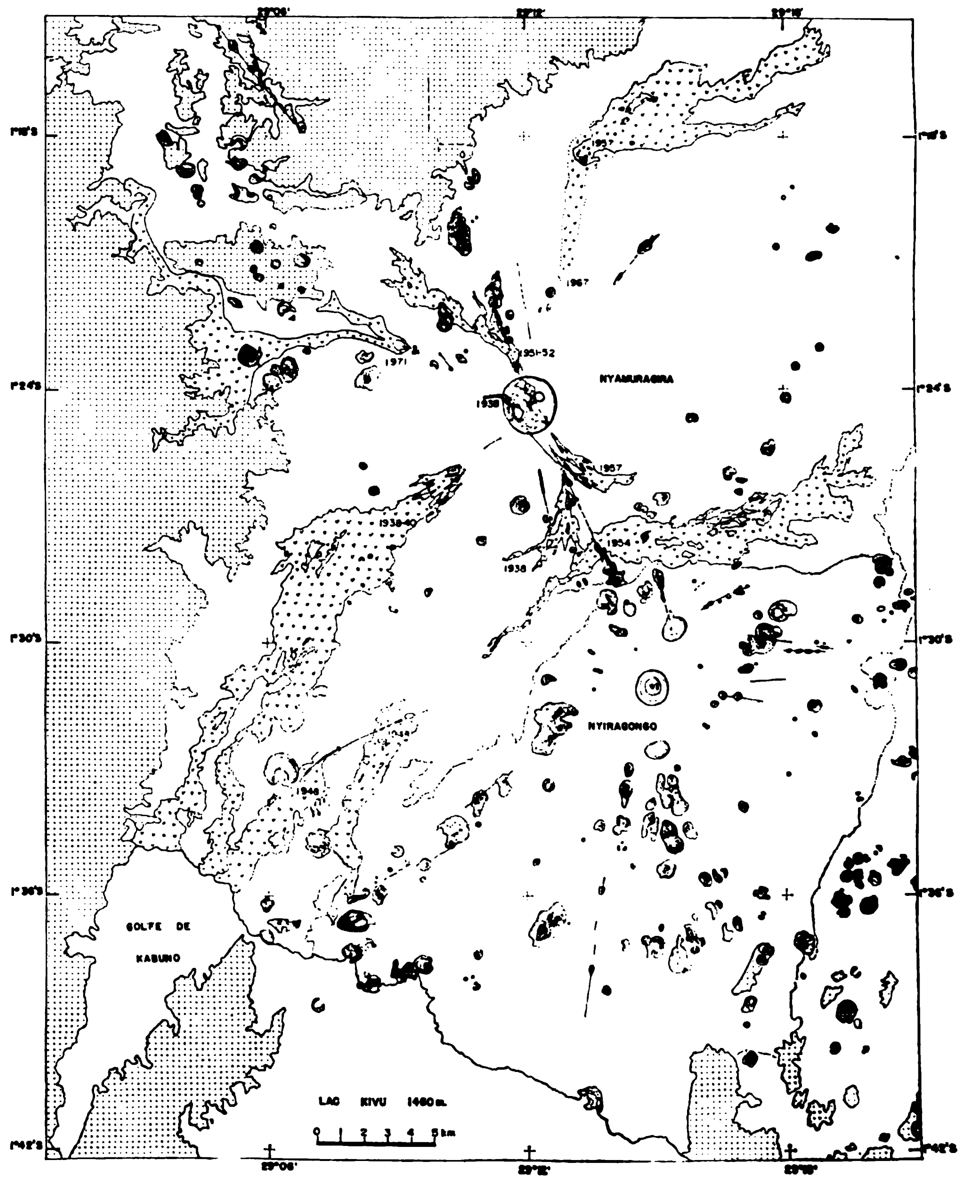


第7図　ビルンガ火山の地震の月別頻度分布（ルイロー地震観測所の観測による）

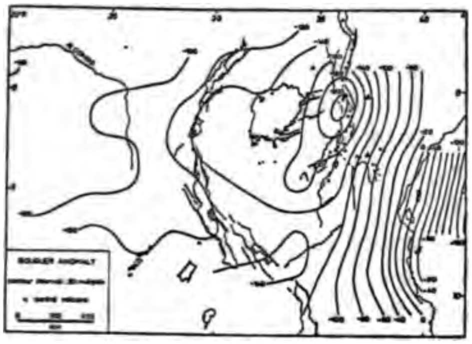
地殻内の地震であることが認められよう。上部マントル地震が見出されているが，これを説明する造構造運動の解明は今後の問題であろう。

IV. 西部地溝と発生する地震の発震機構について

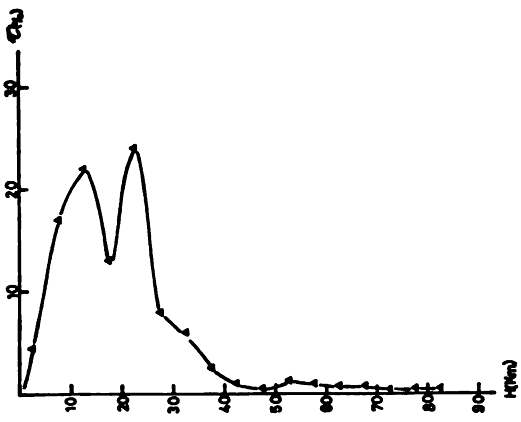
海溝，海嶺等の活動帯については地震のメカニズム解からその起震歪力が求められ，地殻あるいはマントル内の応力場の地域特性が調べられている。東アフリカでは観測網密度のあらさの為に現在まで15の解が求められているにすぎず，西部地溝に関してはわずか2つの解のみであり，西部地溝の造構造運動を研



第8図 ビルンガ火山の活動



第9図　東アフリカのブーゲー異常



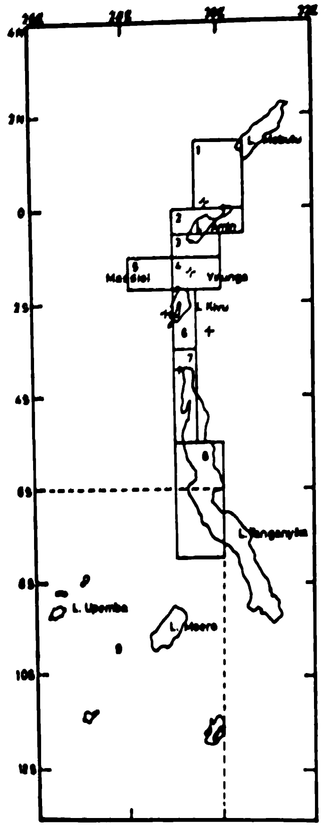
第14図　震源の深さ別頻度分布図

究する為の隘路であった。1958年から1972年の間に西部地溝において上記2ケの地震以外に比較的大きな地震8ケのメカニズムの最適解を求めることができた。第3表にはそれらの地震と求められた結果を示す。

さらに西部地溝の応力場の特性を積極的に調べる為に AKI の方法を利用しそれぞれの限られた地域に発生する小さな地震のデータの重ね合わせによる平均的発震機構を求めた。それぞれの地域は第15図に示すように分割されている。

第3表　西部地溝に発生した地震の震源要素，P-，T-，B-軸は圧縮，張力及びヌルベクトルの軸，方位角は北から時計廻りに，鉛直角は鉛直から下方に測る。Nt：解を求める為に使用したP初動データの数，Ni：最良解に対する理論的発震機構に適しない観測データの数。

Event number	Date	Origin time Hr Min Sec	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	P-axis Azimuth	P-axis Plunge	T-axis Azimuth	T-axis Plunge	B-axis Azimuth	B-axis Plunge	Nt	Ni
1	May 5, 1958	06-31-41.0	9.6S	27.8E	0	7.2	189.9	106.6	283.2	100.9	225.0	20.0	42	4
2	Nov. 12, 1961	02-15-12.0	0.8N	29.5E	0	6.2	125.1	119.9	213.8	87.8	120.0	30.0	31	2
3	Apr. 25, 1965	10-01-09.7	2.45S	29.1E	13	5.6	12.3	120.9	272.6	105.7	159.4	144.5	22	5
4	Oct. 5, 1966	08-34-37.5	0.2N	29.9E	8	5.4	11.1	94.0	102.5	109.6	90.0	20.0	34	7
5	Jan. 2, 1967	09-47-53.5	10.08S	28.3E	28	5.6	11.6	106.9	104.8	100.4	45.0	20.0	41	13
6	Apr. 18, 1972	15-08-13.2	0.7N	29.8E	5	4.8	345.1	119.2	78.6	96.4	0.0	30.0	29	7
7	Oct. 9, 1966	06-48-40.0	12.9N	30.8E	22	5.1	343.0	118.9	77.1	97.3	0.0	30.0	42	10
8	Febr.13, 1972	10-02-44.0	4.5S	34.1E	33	5.8	47.8	119.4	122.9	65.5	0.0	40.0	25	3



第15図　西部地溝地域図

第４表には各地域ごとの重ねあわせによる最適平均解を示してある，第16図に西部地溝に関する個々の地震の発震機構及び重ねあわせによる平均的発震機構を示す。この図からわかる様に西部地溝においては一般的には正断層型を示している。ただしタンガニイカ湖北部の地震に関しては個々の地震の解も平均的メカニズムも横ずれ断層型になっている。それぞれの地域の特性は

1）ルウェンゾリ地域は張力軸の方向は NW-SE が卓越していてそれは1966年３月のルウェンゾリ地震の発震機構とまったく同じである。

2）ビルンガ火山地域はルウェンゾリ地域とほとんど同じ様に張力軸は NW-SE 方向である。

3）キヴ湖周辺は張力軸は E-W で水平である。圧縮軸は地溝の走向とほとんど同じである。

4）タンガニイカ湖北部は二つ解が求められる。1960年９月のウビラ地震の解は張力軸が NW-SE でその周辺の平均的解と調和している。しかし，その南の地域では張力場は SW-NE 方向に作用している。ムエル湖周辺は NW-SE が張力軸でザンビアにおける研究結果とよく一致している。

V．結　び

アフリカ地溝帯は，地形的には大洋下の中央海嶺と類似しており，その造構造運動の特徴を明らかにすることはグローバルなテクトニックスを解明する上できわめて重要である。しかしながら，問題の地域における地球物理学的観測データは量的に乏しく，十分な研究が今までになされていたとはいい難い。

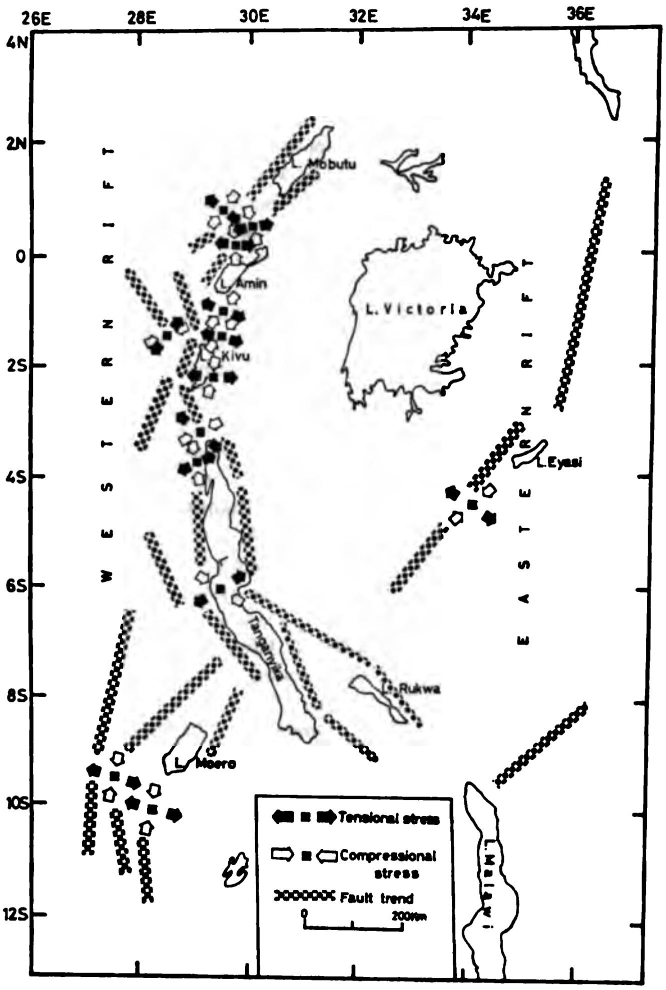
本論文はザイール大統領府付属科学研究所の地震観測網による19

第４表　西部地溝各地域に発生した地震の重ね合わせにより求められた平均的発震機構，
P-，T-，B-軸は圧縮，張力及びヌルベクトルの軸，方位角は北から時計廻りに，
鉛直角は鉛直から下方に測る。
Nt：解を求める為に使用したP初動データの数，Ni：最良解に対する理論的発震機構に適しない観測データの数。

Zone Number	P-axis		T-axis		B-axis		Nt	Ni
	Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge		
1	310.4	170.0	44.9	90.8	315.0	80.0	300	98
2	78.3	160.0	167.3	89.6	77.1	70.0	58	14
3	217.4	123.7	294.2	71.0	180.0	40.0	53	14
4	73.1	159.5	104.5	72.3	11.2	80.0	103	23
5	64.6	152.3	220.2	115.6	135.0	80.0	63	13
6	148.6	156.9	265.9	101.1	180.0	70.0	93	15
7	171.6	136.6	246.2	75.9	144.0	50.0	177	57
8	122.4	169.1	235.5	94.3	146.2	80.0	93	16
9	77.1	145.7	143.9	75.0	45.0	60.0	33	7

56年から1970年までのデータに基づき，アフリカ西部地溝帯のサイスミシティと造構造運動の特性についてという問題に初めて本格的なメスを入れたものである。

地震活動の高い地域は地溝に沿った領域に集中しており，特に，強い負のブーゲー異常域と対応しているという結果は興味深い。浅い地震の震源の深さ分布に関しては，そのほとんどが5 km から25km の深さに集中しており，これは日本の東北地方，あるいはカリフォルニア地方の結果と調和して重要である。また45km より深い地震が見出されているが，これを説明する造構造運動の解明は今後の問題であろう。



第16図　西部地溝に沿つて発生する地震の発震機構

比較的大きな地震に対しては個々の地震の発震機構，小さな地震に対してはデータの重ね合わせによる平均的発震機構を求め，地震をひき起こす地殻応力場の地域的特徴を明らかにした。地溝帯に働く広域応力場としては，主圧力軸がほぼ鉛直，主張力軸が水平でリフト軸にほぼ直交し，リフトを広げる力が働いており，中央海嶺における応力場と類似していることを明らかにした。しかし，応力場を詳細に検討すると場所によってはその地域性が著しく，隣接する地域において異った応力場が支配している場合がある。特に活火山の近傍ではこの傾向が認められる。

参考文献

AKI, K. (1966) : Earthquake generating stress in Japan for the years 1961 to 1963 obtained by smoothing the first motion radiation patterns. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44, 447-471.

AKI, K. (1964) : A computer program for precise determination of focal mechanism of local earthquakes by revising focal depths and crust-mantle structure. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 43, 15-22.

BANGHAR, A. R. and SYKES, L. R. (1969) : Focal mechanisms of earthquakes in the Indian Ocean and adjacent regions. *J. Geophys. Res.*, 74, 632-649.

BÅTH, M. (1975) : Seismicity of Tanzania region. *Tectonophysics*, 27, 353-379.

BERG, E. (1968) : Relation between earthquake foreshocks, stress and main shocks. *Nature*,

219, 1141-1143.

BLOCH, S., HALES, A. L. and LANDISMAN, M. (1969) : Velocities in the crust and upper mantle of Southern Africa from multi-mode surface wave dispersion. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **59**, 1590-1630.

BONJER, K. P., FUCHS, K. and WOHLENBERG, J. (1970) : Crustal structure of the East African Rift system from spectral response ratios of Long period body waves. *Zeitscrift für Geophysik*, 287-297, Physica-Verlag Wurzburg.

BRAM, K. (1971) : Rapport sur la séismicité du Katanga pour la période 1960-1970. Département de Séismologie. IRS-Lwiro/Bukavu, Rep. of Zaire.

BRAM, K. (1972) : Seismicity of Katanga and Western Zambia, southwest of the East African Rift System, from 1960 to 1971. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **62**, 1211-1216

BRAM, K. (1975) : Zum Aufbau der Kruste und des oberen Mantels im Bereich des westlichen Graben des Ostafrikanischen Graben Systems und im ostlichen Zaire-Becken. Thesis. Institut Für Geophysik. Freie Universität, Berlin, 65p.

BULLARD, E. C. (1936) : Gravity measurements in East Africa. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **235**, 445-531.

CAHEN, L. (1954) : Géologie du Congo Belge. H. Vaillant-Carmanne, Liège, Belgium, 577p.

CAHEN, L. and LEPERSONNE, J. (1951) : Carte géologique du Congo Belge et du Rwanda-Urundi : Notice explicative. H. Vaillant-Carmanne, Liège, Belgium.

CAHEN, L. and LEPERSONNE, J. (1955) : Carte géologique du Congo Belge et du Rwanda-Urandi. Notice explicative. Additions et modifications. H. Vaillant-Carmanne, Liège.

DE BEAUMONT, ELIE. : Note sur les systems de montagnes les plus vieilles d'Europe. In : WILLIS, B., 1936.

DE BREMAECKER, J. CL. (1955a) : Réalisation et Programme de L'IRSAC en Séismologie. *Acad. Roy. Sci. Col., Bull. Seances*, **1**, 643-669.

DE BREMAECKER, J. CL. (1955b) : Détermination des magnitudes des séismes au Congo Belge. *Acad. Roy. Sci. Col. Bull. Seances*, **1**, 1043-1046.

DE BREMAECKER, J. CL. (1955c) : Note préliminaire sur l'existence de l'onde seismique Lg en Afrique. *Acad. Roy. Sci. Col. Bull. Seances*, **1**,

DE BREMAECKER, J. CL. (1956) : Premiéres données séismologiques sur le graben de l'Afrique Centrale. *Acad. Roy. Sci. Col. Bull. Seances*, **2**, 762-787.

DE BREMAECKER, J. CL. (1959) : Seismicity of the West African Rift Valley. *J. Geophys. Res.*, **64**, 1961-1960.

DOPP, S. (1964) : Preliminary note on a refracted P phase in the Western Rift Valley of Africa. *J. Geophys. Res.*, **69**, 3027-3031.

East African Comittee for Cooperation in Geophysics (EACCG) (1965) : Report on the geology and geophysics of the East African Rift System. Nairobi, Kenya, 115p.

FAIRHEAD, J. D. and GIRDLER, R. W. (1971) : The seismicity of Africa. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **24**, 271-301.

GIRDLER, R. W. and SOWERBUTTS. W. T. C. (1970) : Some recent geophysical studies of the Rift System in East Africa. *J. Geomag. and Geoelect.*, **22**, 153-163.

GUMPER, F. and POMEROY, P. W. (1970) : Seismic wave velocities and earth structure of the African Continent. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **60**, 651-668.

HERRINCK, P. (1959) : Séismicité du Congo Belge. *Acad. Roy. Sci. Col. TIX*, **5**, 3-53.

JEFFREYS, H. and BULLEN, K. E. (1940) : Seismological Tables. Brit. Assoc. Adv. Sci., London, 48p.

JEFFREYS, H. and BULLEN, K. E. (1958) : Seismological Tables. Brit. Assoc. Adv. Sci., 50p.

LOGATCHEV, N. A., BELOUSSOV, V. V. and MILANOVSKY, E. E. (1972) : East African rift development. *Tectonophysics*, **15**, 71-82.

MAASHA, N. (1957) : The seismicity of the Ruwenzori region in Uganda. *J. Geophys. Res.*, **80**, 1485-1496.

NAASHA, N. and MOLNAR, P. (1972) : Earthquake fault parameters and tectonics in Africa.

J. Geophys. Res., **77**, 5731–5734.

MATSUZAWA, I. (1969) : Formation of the African Great Rift System. *J. Earth Sci. Nagoya University*, **17**, 11–70.

MUELLER, S. and BONJER, K. P. (1973) : Average structure of the crust and upper-mantle in East Africa. *Tectonophysics*, **20**, 283–293.

POUCLET, A. (1976) : Volcanology of the Western Rift in Central Africa. The Nyamulagira volcano in the Virunga area. Orsay, Paris-Sud, 1976.

RODRIGUES, E. G. (1970) : Seismological studies of East African Rift System. Ph. D. Thesis. Univ. College, Nairobi, Kenya, 187p.

RYKOUNOV, L. N., SEDOV, V. V., SAVRINA, L. A. and BOURMIN, V. JU. (1972) : Study of microearthquakes in the rift zones of East Africa. *Tectonophysics*, **15**, 123–130.

SUTTON, G. H. and BERG, E. (1958) : Seismological studies of the Western Rift Valley of Africa. *Trans. Amer. Geophys. Union*, **39**.

SYKES, L. R. and LANDISMAN, M. (1964) : The seismicity of East Africa, the Gulf of Aden, the Arabian and Red Sea, *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **54**, 1927–1940.

WOHLENBERG, J. (1966) : Remarks on the Uganda earthquake of March 20, 1966. Chronique de L'IRSAC (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale). Lwiro/Bukavu, Rep. of Zaire, **1**, 7–12.

WOHLENBERG, J. (1968) : Seismizitat der Ostafrikanischen Grabenzonen zwischen 4°N und 12°S sowie 23°E und 40°E. Thesis. University of Ludwig-Maximilian, 95p.

WOHLENBERG, J. (1969) : Remark on the seismicity of Fast Africa between 4°N-12°S and 23°E-40°E. *Tectonophysics*, **8**, 567–577.

WOHLENBERG, J. (1970) : On the seismicity of the East African Rift System. In: ILLIES, H. J. and MUELLER, St. (Editors). Graben Problems. Schweizerbart, Stuttgart, 290–296.

WONG, H. K. Von HERZEN, R. P. (1974) : A geophysical study of Lake Kivu, East Africa. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **37**, 371–389.

YUNGUL, S. H. (1976) : Tectonic implications of gravity anomalies associated with some continental rift valleys. A model study. *Tectonophysics*, **32**, 321–329.

(1978年1月7日受理)

地学雑誌 87, 2 (1978)

フォッサマグナの基盤構造と現在の地殻運動

徳　山　　明*　半　田　孝　司*

Structural Framework and Recent Crustal Movements of the Fossa Magna

Akira TOKUYAMA and Koji HANDA

Abstract

100 years have past since Edmund NAUMANN discovered the Fossa Magna in 1876. He thought it as a kind of large rift dividing the Japanese arc into the northeastern and southwestern limbs. He regarded the islands as a single Palaeozoic folded zone and afterwards transversed by the rift accompanied by volcanic zones. On the other hand Edward SUESS and Toyokichi HARADA considered the islands in terms of two tectonic units, the northern Sachalin System and the southern Chinese System, joined in the manner of syntazis in the Fossa Magna. Since the argument of NAUMANN vs. HARADA concerning the tectonic units of Japanese islands, hot discussions have continued concerning the tectonic signifficance of the Fossa Magna.

After structural analyses of the folded zones in the Akaishi Mts., the senior author has confirmed the Fossa Magna as a large meridional left lateral fault, holding 100 km's of displacement. It is accompanied by a large and wide drag zone in the western side, consisting of minute and numerous faults and cracks. Owing to the fragmentation of the drag zone, there has been no large earthquake in these areas. In order to confirm very slow crustal movements and regional strains of the fault zone, we measure precise distances among several radial and triangular nets in the zone by means of an electro optical instrument "Geodimeter 700". Results of surveys are also summerized in this paper.

はじめに

フォッサマグナはナウマンが1875年に来日して最初の調査旅行の折，11月13日に発見したと云う。次節にナウマン自身の発見の記(1893)から当時の模様を抄訳したいと思うが，本州を横切る大裂罅である事及びこれに沿って火山が並んでいる事が彼の第一印象であった。その後ナウマン—原田の論争として良く知られる対曲説など，フォッサマグナに関する種々の解釈が行なわれたが，ナウマンの第一印象の２点以上の事柄はわからなかったと云っても良い。大塚彌之助（1948等）はフォッサマグナ地帯をかなり詳しく踏査したもののこの地域の新第三系のみの調査に終始したために，大断層帯と云いながら，フォッサマグナが例えばどのような地殻運動に由来するのかとか，又断層とすればどのような変位を有するか等の本質的事柄には触れられずに了っていたし，これが又富士山等の火山と如何なる関係にあるかも分らなかったのである。新第三系の褶曲に関しても，地層の分布や層相の解析は行なったものの，これらの地層を構成す

* 静岡大学教育学部地学教室　Faculty of Education, Shizuoka University

る岩石がどのような変形を受け，どのような変形組織をもつかと云った褶曲の解析は行なわれていなかった。またフォッサマグナの西縁の位置に関しての議論はあるものの，赤石山地の基盤構造に関する知識がなかったために，何をもって西縁とするかの明確な定義には至っていない。

徳山は赤石山地の四万十帯や瀬戸川帯の褶曲構造を解析し，更に身延・下部等の新第三系の変形を解析することにより，フォッサマグナ帯周辺地域の基盤構造を明らかにし (1972a, 1972b)，これによりフォッサマグナが変位量80km にも及ぶ大規模な左横擢れ断層である事，その西側赤石山地には幅60km に及ぶ広範囲の引き摺り帯がある事が判った。その後この基盤構造の引き摺り帯がフォッサマグナ地域に頻発する山地災害と密接な関係があること (1975a) がわかり，更に伊豆半島沖地震もこのフォッサマグナ周辺の基盤構造と同根の地殻運動であることも判明した (1975c)。このように考えると，フォッサマグナの地殻運動は現在も進行していることは明らかであるから，この地殻運動が現実にどのような形で進行しているかを測定する事を目的として，フォッサマグナ地帯の数地に基線を設け精密な光波測量を開始した。現実に測量を開始して見ると，器械の精度，測定の精度，測定の方法についても様々な問題がある事がわかり，器械の公称精度の100万分之1を確保する事は非常にむずかしい事がわかった。国土地理院，東大地震研究所の協力・助言の下に標準的測定法の開発を試み，本学における測定基線を作製する迄に数年を費した (半田，1976)。このようにして一応納得のできる測定を開始した矢先に昨年来の「駿河湾地震」又は「東海沖地震」の騒ぎがおこり，3年間の短い測定結果ではあるが，東大地震研究所とわれわれの共同の小笠小型基線網の測定値（表4）と，国土地理院の坂部基線網の測定値（表5）の積み重ねが，数少ない実証的証拠となり，「当面さしせまって巨大地震が起こる前兆はない」という結論が出るに至ったことは地元の研究者として欣快であった。

この機会にナウマンが発見した当時をかえりみ，フォッサマグナの基盤地質構造の視点からの問題点を述べ，あわせてこの地域の光波測量の結果を報告したいと思う。

国土地理院の吉田光雄技官及び東大地震研究所の柴野睦郎氏には光波測量の方法につき数々の御助言を賜った。この機会に厚く御礼申し上げる。尚本稿に於いて，地質構造に関する記述については徳山が責任を負い，光波測量の測定については半田・徳山が責任を負う事を附記する。尚本研究は徳山に配分された文部省補助金科研費 (154267) を使用した。

I. フォツサマグナの発見

フォッサマグナ発見の時の模様をナウマン (1893) は「フォッサマグナへの旅」として，この論文の第2部フォッサマグナの章の第1節に紀行文風に綴って発見の印象を述べている。

1875年8月17日に日本に着いたナウマンは最初の調査に浅間山と千曲川の谷を選び，当時の天長節の翌朝11月4日早朝に東京を出発した。中仙道を通り高崎から赤城・妙義を横に見て碓氷峠から追分に入った。此処で何泊かして浅間山に登山した後，千曲川の谷を南に逆上った。海の口から谷をはなれ，夜荒涼とした原野を抜け約1300m の国界の峠を越えたのは11月12日であった。嵐をはらんだはやて雲が西側八ケ岳の峨々たる峰をかけぬけていた。雲間から折しも満月の月光が深い谷に黒いかげを刻んでいた。この峠を下りその夜つかれ果てて平沢の部落に入った。ナウマンはそこの旧家に泊ったようであるが，その夜の嵐が物凄く，吹き荒れる風と戸障子のガタガタなる音で一晩中眠れなかったという。明けて11月13日嵐が過ぎて，前夜とは打って変った晴天に南を見ると，右に3000m を越える赤石の山脈がそそり立ち，その東縁は南にまっすぐに延びる絶壁が深い釜無の谷に面している (口絵写真1参照)。左手には浅間からの山脈の続きが壁をなし，その地溝の南東に富士が力強く天にそびえていた。壮絶な嵐の一夜と澄み切った翌朝と云う演出効果満点のこの“フォッサマグナ”とのドラマチックな出合いはナウマンにとっては忘れ得ぬものだったのであろう。「地球上にこのフォッサマグナと比べられるような割れ目があり得るだろうか」と云う強い表現を使っている。その第一印象で，本州の構造方向を横切りにする割れ目 (Querspalte) で

ある事と，富士山をはじめ浅間，八ケ岳，霧ケ峯等多数の火山の噴出があると云う２つの特徴をつかんだナウマンは，この割れ目の地形的特徴と，国際的な意義を考えて，***Fossa Magna*** と云うラテン語の名前を提唱したのであった。

ナウマンの最初の調査旅行は此処で引き返し，その後高野から霧ケ峯の方に踏み入れているようである。その後，此フォッサマグナを調査するために翌1876年７月には蓼科から諏訪湖へ抜け塩尻峠から大町へ抜け，此処で糸魚川—静岡線を見ている。３回目は1883年７月に甲州街道を通り，小仏峠の小仏層，上野原の桂川礫や御坂層の緑色凝灰岩を見て，吉田から富士山に登った。７月26日夕方５時頂上に着いたナウマンは此処でまた，フォッサマグナ西側の壁をなす赤石連山の絶景に目をうばわれる。「3000m を越えて聳え立つ赤石山塊の巨人は今フォッサマグナの門扉を北西に開いた」その続きに八ケ岳，金峯山と煙を噴く浅間山，その間に関東山地がフォッサマグナの東側の丸い高まりを見せ，東に向ってだんだんと低くなり遂に関東平野に潜る。更に足下を見ると，河口湖から精進湖を経て天子山脈まで褶曲の列(Faltenzüge) が環状に富士山を取り巻いている事，丹沢や天子の閃緑岩，玢岩等もこれら御坂の御坂凝灰岩類と共にこの褶曲に関係がある事，そして富士山は宝永，鷲巣，愛鷹などを連ねて北々西—南々東方向の割れから噴出して居り，それもこの環状褶曲列に関係があると考えた。また，伊豆の山地や箱根，伊豆大島も同じ方向にのびた楕円形であり，これ同様フォッサマグナの Wegweiser であると考えた。

ナウマンはフォッサマグナ全体にわたって調査したわけではないが，其後のフォッサマグナを廻る議論で問題になった事に就いては殆んど気がついていた事がわかる。

II. フォッサマグナを廻る諸説

フォッサマグナに関する論争で最も有名なのはナウマン—原田の論争と云われるものであるが，原田豊吉の意見は当時のウィーン大学の教授 Edward SUESS (1883) の説をそのまま受け入れ２つの弧が会合したもの (Scharung) と考えていたようである。ナウマンも述べているように会合はヒンズークシュとヒマラヤのように２つの大規模な褶曲が合わさる所 (Hemmung) の事を云い，ナウマン (1893) は，フォッサマグナにはこのような解釈を当てはめる事はできないと述べた。前述の会合の場合２つの褶曲帯の方向は内から外に向っているが，日本の場合，フォッサマグナを挟みその西側も東側も褶曲が北から南に向いており，Scharung の場合とは逆であるとも述べている。何よりも，ナウマンはこのフォッサマグナを挟む西南日本の褶曲帯と東北日本の褶曲帯は同じ一続きの褶曲帯であった事を強調し，フォッサマグナが後にこれを切って発達した事，従って，七島弧がここで本州と交わっている事も偶然ではなく，その割れ目と火山作用との結び付きを考えていたようである。これに対し原田は日本を南日本弧のシナ系と北日本弧のカラフト系の２つの別の弧が会合したと考えている。

西南日本と東北日本の褶曲の基本的な構造は，其後の研究により一連のものであることは明白でありナウマンの考え方が正しい(小林，1941)。

ナウマンは原田の考えに対し，10項目について両者の意見の相違点を述べつつかなり克明に論評しているが，ナウマンの記述を見ると原田の調査は技術的に必ずしも当を得たものではないと批判している。例えば原田が諏訪湖を爆裂火口 (Maar) と述べている事を取り上げ，このような事は日本の事を知らない読者が読むとアイフェルと同じ様な印象を持つかも知れないが，とんでもない事であると云った強い語調の処があり，自分の考えは明瞭でわい曲されない事実にもとずいていると述べ，暗に，実際の調査もせずに説を立てた SUESS の批判も行なっている。

事実この文に引用している観察結果を見るかぎり，前述の西南日本と東北日本の基盤構造が一連であると云った大きな点を除いても御坂山地の観察等，ナウマンの指摘の方が妥当性が大きく，若き日のナウマンの慧眼に軍配を挙げざるを得ない。

フォッサマグナについては日本の地質学の揺籃期のナウマン，原田の説を受け継いで，小川琢治(1907)，

リヒトホーヘン等の考えもあり，これらを矢部長克が総括して論じた(1919)。その後日本群島の構造発達を論じた際小林貞一（1941）はナウマンの考えの正しかった事を述べている。一方大塚彌之助（1948, 1952等）はこの地域の第三系を調査し，御坂山地の東北東—西南西方向と南部フォッサマグナの南北方向の交錯を「手打沢不整合」に求め，本質的には原田の解釈に従った。松田時彦（1958）ら其後の“ターシャリスト”達はいずれも大塚に従っているが，これらはいずれも周辺地域の先第三系の地質構造を顧みなかったための初歩的な誤りに気が付かなかったようである。

南北方向の褶曲が卓越すると解釈された南部フォッサマグナ（松田，1958）の新第三系も砂岩や礫岩層のゲフューゲを調べて見ると，実は御坂山地と同じ北東—南西方向の褶曲軸が卓越しているのであって，南北方向の褶曲軸と云うのは一度北東—南西方向に褶曲した基盤がもう一度新しい断層運動で切られて捲れ上った為の後生変形による表層的な見かけだけのものであることもわかった(石川, 1972；徳山, 1972a)。

フォッサマグナのいわゆる西縁の位置に関し，ナウマンは「静岡から岩脈状に御坂まで南北に延びる噴出岩類の西側」と述べている。だがこれは現在の十枚山構造線のことであってこの線は実は西の瀬戸川帯がフォッサマグナの左横摺れによって北に引き摺られた為の境で，瀬戸川帯とその南に位置していた大崩，高草山の玄武岩類を含むいわゆる大井川帯との間の東西方向の衝上断層が引き摺りによって転移し，南北方向の境界になり，赤石の東に位置する事になったものである。断層の位置は従ってこの「噴出岩脈」の中にあって，大塚（1948）の云うように，静岡市麻機から竜爪山の東肩を通ると考えるのが正しい。この断層線沿いには竜爪山の南則沢に見られるように非常に幅の広い破砕帯を伴っている。この南北方向の噴出岩を含む帯が今日のいわゆる竜爪山帯であって，玄武岩類のみでなく，大井川帯の砂岩や頁岩を含む褶曲層が引きちぎられた破砕岩の多い帯である。

このように考えると，フォッサマグナ西側の静岡大崩海岸の枕状溶岩は断層により其東の富士川沿いの市川大門附近に分布する高萩山の玄武岩まで摺れたと考えると，周辺部の瀬戸川と小仏層群の摺れ，赤石山地と関東山地の四万十帯及び秩父・三波川帯の位置の摺れとも良く符合する。フォッサマグナ西側の引き摺り帯は更に西側のいわゆる飛騨外縁帯や，青海橋立の三郡変成岩の構造（坂野，1956）にもあらわれていることがわかる。

断層の変位量を考える時，とかく垂直変位のみに目をうばわれやすい。例えば新第三系の基盤をなす中・古生層がフォッサマグナの西側の赤石や姫川の西では現在露出しているが，断層の東には新第三系が地溝を埋めていて基盤が出ていない事からこの断層の変位が著しいと云う考え方（矢部，大塚ら）があるが，この垂直変位はせいぜい新第三系の厚さの数キロであって，この断層を境とする南北の摺れの変位量が，大崩—高萩に表わされる70〜80キロに比べるとわずかなものである。この摺れに気が付かないでいると，例えばフォッサマグナ新第三系の礫岩には，赤石山地がすぐ西に接してあるのにこれからの礫が含まれていないから，これらの礫は東側から供給された（松田，1958）と云った単純な考えになる。実はこの断層礫岩堆積当時のもとに戻して見ると，赤石山地は80km も北に位置していたのであって，それが礫の直接の供給源地では有り得ない事は明白な事であって，この事から供給源が東であると考えるのは論理的におかしい事に気が付いていない。逆にこの摺れを考えると中新統の相良地域の男神女神の礁性石灰岩及び其周辺相の二枚介フォーナと，断層の東に位置する早川橋西の小原島のフォーナや御坂山地から桂川地域に点在する石灰岩小塊との層相上の密接な関連を説明するにも都合が良い。

このようにして，フォッサマグナの周辺構造からの摺れと同時にフォッサマグナ新第三系の変形そのものも明らかになり，ナウマンの発見以来100年にして，漸くその全貌が明らかになったのである。

III. 静岡地域における基盤構造の引き摺り

静岡地域の基盤構造に関してはすでに述べたように（徳山，1972b)，フォッサマグナ西側の赤石山地には主として白堊系から成る四万十帯と，主として古第三系から成る瀬戸川帯が分布し，その南に主として

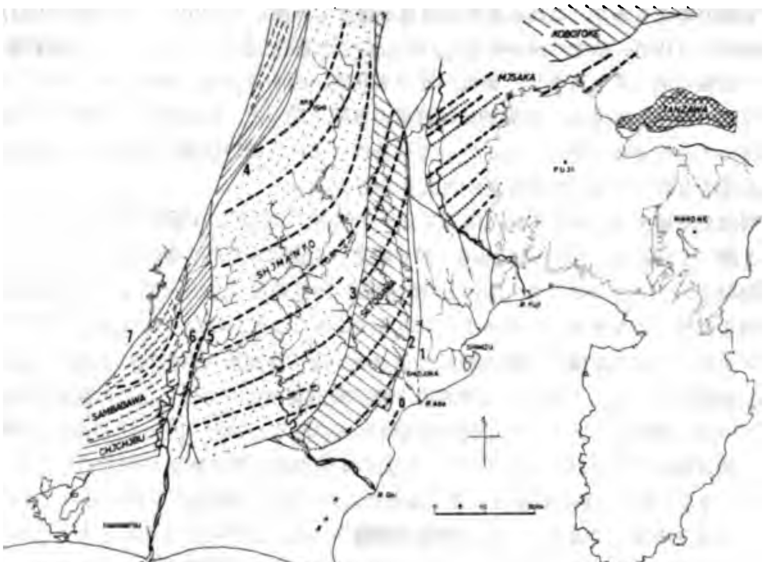


図１　静岡地域の地質構造図（徳山，1972b）より転載），破線は各褶曲帯の主な背斜軸を示し，点線は主な向斜軸を示す。O：大崩玄武岩；t：高萩玄武岩；1：糸魚川―静岡線；2：十枚山構造線；3：笹山構造線；4：仏像構造線；5：光明東断層；6：赤石裂線（光明西断層）；7：中央構造線。

中新統から成る大井川帯が位置している。瀬戸川，四万十両帯の褶曲構造を解析した結果，両帯とも，西から東方のフォッサマグナに近付くに連れて，褶曲軸面が東西方向から南北方向に向きなおり，東北東―西南西方向から北々東―南々東，更にほぼ南北方向にまで曲って来ることが判明した（1972b）。褶曲軸面は通常広範囲にわたり同一方向で平行であることが多く，浜松以西のいわゆる西南日本地域では内帯・外帯を問わずほぼ東西方向であり，これは広汎に発達するスレート劈開や粒子の並び換えている面等のゲフューゲとも一致している。

東北日本においても，方向は異なり南北に近いが，同時代の褶曲帯の面，線等のゲフューゲは広汎にわたり一定，並行である（徳山1972a）。このいわゆる赤石スフェノイドで褶曲軸が約60km の幅の狭い範囲で東西方向から北に彎曲し，フォッサマグナに収斂しているのは，２次的な後生変形によるもので，最初からこの様な彎曲があったわけではない。

四万十帯では特に井川北の地域は北々東方向に曲り，これより北の畑薙ダムより北の赤石山地では更に南北に近い方向になる。この彎曲に伴って四万十帯と瀬戸川帯の境界の衝上断層の笹山構造線も南北方向に向きをかえる。この断層はもともと笹山の東を通る南北方向の断層に名付けられた（望月ら，1958）ものであるが，四万十帯や瀬戸川帯の構造解析が進むにつれ，これが四万十・瀬戸川両褶曲帯の境界をなす衝上断層である事がわかった。この断層は岡部町青羽根附近から西では南西方向で，更に大井川沿いの神座附近では西南西から東西方向に近くなる。

瀬戸川帯の褶曲軸も西方から東のフォッサマグナに近付くに従って北方に彎曲し，大井川附近ではほぼ東西であるが，安倍川沿いの梅ケ島以北の早川沿いの新倉や夜叉神峠附近では N20°E からほぼ南北にかわっている。

更に南の構造要素の，大崩・高草山の玄武岩や相良の石灰岩を含むいわゆる大井川層群にも同様の関係が見られ，大崩では玄武岩の斑晶等が N30°E，ほぼ垂直な並び換えのゲフューゲが見られ，この岩石も四

万十・瀬戸川帯のような古期の褶曲帯と全く同様のスレート劈開に伴ったゲフューゲがある事がわかる。

西側は御前崎から南の海中に没し不明であるが，東側は糸魚川―静岡線に収斂するいわゆる竜爪帯となる。

これらの地質区分を糸魚川―静岡線をはさみ東側の地域の地質と比較すると，御坂山地以北の関東山地西部では南から御坂，小仏，四万十，秩父，三波川帯の諸褶曲帯が帯状に分布し，断層西側と良く一致している。

大崩高草山の玄武岩と市川大門附近の高萩玄武岩は共に枕状溶岩を含み広い分布を示す似た岩体であるから，上述の瀬戸川―小仏帯以前の褶曲帯の横摺れ変位量を考えると，もともと同一岩体であったものが断層によってこの位置まで摺れたと考えるのが良い。

断層の東側には富士川沿いに西八代，静川の中新統が分布するが，下部や身延地域では褶曲軸部に砂岩や礫岩の粒子の並び換えや頁岩部にはスレート劈開が見られ，その方向は北東―南西方向である（徳山，1972a)。このような変形様式は藤枝北方の中新統砂岩中にも見られるが，瀬戸川帯や四万十帯などの褶曲帯の変形と同様であって，変成岩を含む丹沢の褶曲帯の西の延長と考えられる。最近荒井[1]により大崩玄武岩中及び高萩玄武岩からもブドウ石，パンペリ石等の変成鉱物も同定され，このような考え方が裏付けられた。

このようにして，フォッサマグナの主断層は70～80km の変位量を有する南北方向の左横摺れ断層であることがわかったが，この断層は大塚 (1948) の調査のように静岡市麻機から桜峠，則沢沿いに北上し竜爪山の東肩の穂積神社の西を通り，相又沢の屈曲点から七面山を通り角瀬にぬける。相又沢附近でいわゆる竜爪帯の契が消滅し，笹山構造線に一致し，これから北ではナウマンの云うように瀬戸川帯の東端の境となる。この断層は早川沿いの奈良田，西山温泉を経て夜叉神峠まで追跡できる。

この主断層の東には由比附近の入山断層や身延附近の曙断層のように南北方向の平行な断層がいくつかあり，場合によっては松田 (1958) の調査のように捲れ上りを伴ったり，またブロック毎に回転して引き摺られていることもある。相又沢では主断層と曙断層にはさまれた地塊では中新統の褶曲軸はほぼ東西方向であり，曙断層東で N40°E となるので，ブロック毎に引き摺りや回転の様子が異なることがわかる。

一方曙断層東の富士川沿いの下部や天子地域の中新統の褶曲構造を見ると，N40°E 方向でかなり直線的であり，本栖湖附近で N60°E, 下部の40km 北東の河口湖で N70°E 位となり，この部分では赤石山地の引き摺り帯に比べれば彎曲ははるかに小さい。ここではこの中新統の褶曲帯を富士山の噴出物が広くおおってしまうので，丹沢の変成岩を含む褶曲軸の直接西の延長が富士川沿いのどの褶曲軸に対比できるか不明であるが，河口湖背斜と平行に延長すると天子山附近から南部町や富沢町附近に続く筈である。この附近には丹沢附近の凝灰岩に比し層位的にはかなり上位の礫岩が露出しているので，丹沢のような結晶片岩はないが，礫岩の礫が回転変形を行い，小褶曲の軸部では北東―南西方向でほぼ垂直の面に沿って並び換えているのを見ることがある。

このように主断層の西と東に分布する広い引き摺り帯までも含めて考えると，フォッサマグナは幅100 km にも及ぶ広い断層帯と云うことになり，又引き摺り帯の分も加えて断層東の褶曲軸が東西方向の位置から西側の東西方向に戻る位置まで考えると，横摺れの変位量は100km を越える大きな断層帯であることがわかる。

IV. 引き摺り帯のメカニズム

主断層西の赤石山地の引き摺り帯について考えるために，新倉西の四万十帯の結晶片岩が分布する背斜軸を追跡すると，この軸は新倉から大井川の東を南下し，畑薙ダムの南東，東河内川から大井川本流を西に横切り，寸又川の奥逆河内から戸中山に抜け，西の光明断層で切られている。この背斜軸だけから考えると引き摺りの量は50km に及び，引き摺り帯の幅は笹山構造線と光明断層の間の30km の範囲である。

1) 口答のコメントによる。荒井博士に感謝する。

このように大規模に彎曲する引き摺り帯はどのようにしてできたのであろうか。またこのように大きな引き摺り帯は現在の地質現象にどのような影響をもつのであろうか。

赤石山地，特に大井川の上流域は山崩れ等の山地災害の大変多い処であり，崩壊の多い個所は引き摺り帯の地域と一致しているように思われるので，この事を統計的にしらべた(徳山，1977)。

1/20,000の空中写真で崩壊個所をしらべ，これを１５万の地形図にプロットして崩壊個所図を作製し，これを1/5万地形図で１cm 平方の桝に区切って崩壊個所の数，面積等を算出して原図とし，これをコンピューターに打ち込み，一方地形，地質等の諸要素をコンピューターに打ち込んで，これらとの相関々係を見た[2]。その結果崩壊個所は特定の地層の部分に比較的多く集中している事，断層近くに多い事，並びに井川より北の赤石山地を中心とする地域には大きな崩壊が多い事がわかった。褶曲軸が N30°E より南北に近い北部山地では１メッシュ当りの崩壊数が平均して約0.9であるのに対し，N50°～60°E の方向を有する地域では１メッシュ当りの崩壊数は0.05と非常に少ない。褶曲軸が元々東西方向であったと考えると，左横摺れの引き摺り量の多い地域と崩壊の多い地域が一致している事になる。一方，もともとの褶曲軸等と崩壊地域との関係をしらべると，この方は特に大きな相関はなく，地下深部で形成された褶曲構造そのものは崩壊には関係ない事がわかる。

即ち褶曲軸部ではスレート劈開，粒子の並び換えやレンズ状破砕等のゲフューゲの発達が著しいがこれは地下深部の高封圧下で形成されたものであり，これらの割れ目はいわば閉じて居り，崩壊と直接の関係はない。もっとも風化はこれらの割れ目に沿って進行する事が多いから，風化に関係がないわけではない。これに反し，ここでの断層や引き摺りによる後生変形は地質的には最近におきたものであり，いわば活構造である。侵食が現在活発に進んでいるわけであるから，現在地表附近に露出している部分は後生変形の形成時にも地表附近にあった事，即ち地下の比較的浅い処での変形になる。従ってこの引き摺りによる後生変形では変形に伴う割れ目は開口しており，このために引き摺りと崩壊個所が関係あると解釈される。井川北の東河内川流域で，同一層群の砂岩を構造的にも同一の褶曲軸部でのみ採集し，超音波の伝導度，減衰の度合をしらべると（徳山，1975a)，断層に近い処程割れ目に直角な方向での伝播が悪い。これを伝播速度の異方性で見ると断層の近くの１km 以内になると平行方向は5.5km/sec であるが，直角方向では2.5km/sec 位になる。超音波伝播速度の最大最小の相乗平均から得た平均伝播速度は断層に近付くに従い次第に減少し，断層から３km の処で５～5.5km/sec であったものが約２km の地点で4.5～5.5km/sec，１km の処で4.0～4.5km/sec 位となり，断層に近付くにつれ超音波が伝わりにくくなっている。一方この平均伝播速度と最大最小値の差との比であらわす異方度は，断層から２km 位までの地点迄はほとんど変化せず0.1以下であるが，この辺から急に上昇し１km 位の処では0.3～0.4となる。このように断層に近付くと割れ目は急に開口している事がわかる。この異方性は超音波の減衰では特に著しい。超音波の減衰は前述の地下深部の褶曲による割れ目や粒子の並び換えの方向でもある程度はあるが，割れ目が開口していない限りあまり大きいものではない。この調査ではその点を配慮し背斜軸部のみのサンプルを用いているので，後生変形前の原岩の異方性はほぼ同一と考えてよいから，ここにあらわれた断層近くでの減衰は後生変形によるものである。

以上の事からこの赤石スフェノイドの引き摺り帯の彎曲は褶曲軸面の既成の割れ目と断層にほぼ平行の南北方向の新たな割れ目が開口してそれに沿って少しずつ摺れ動いた為に生じた事がわかる。この細かい割れ目は断層に近付く程，かつ引き摺り量が多い程多くなるので，これが現在の奥大井地域の山地崩壊とも関連があるのである。

大井川上流域にはほとんど峡谷らしいものがないが，これは上流域の岩石が，変成褶曲した四万十帯の

2) この作業は県林業会議所が中心となった林野庁の環境調査として行なったもので，コンピューターの読み取り作業はアジア航測が行ない，徳山は地質図の作製，崩壊に関係ありそうな地質要素の選定等を行なった。

堅ろうな岩石であるにもかかわらず，細かく破砕されている為に切り立った崖を保持し得ない事を示している。

赤石の大きな彎曲帯はこのように開口した細かい割れ目に沿って少しずつ摺れ動いてできたのである。

横摺れ断層の変形様式には2種類あり，1つは単一の剪断面によって摺れる型であり，引き摺り帯を伴わず，他は共役の剪断面が細かく発達して広い範囲の地域がひずんで引き摺り帯となる場合である。1つの円形の地域を仮定すると，前者ではその円が剪断面により半円に切れて摺れ動き喰い違い，後者では引き摺り帯では円形部分が楕円形に変形し歪む。前者では喰い違いの変位量は大きいが，半円形の形で残り，他の部分に変形はない。これに反し後者の場合元の円形全体が楕円形に変形する。フォッサマグナの彎曲を伴う引き摺り帯は後者の地域全体が歪んでいる例に相当する。

このような変形はフォッサマグナの西の光明断層・赤石裂線（木村,1959）やフィリピン断層（木村，徳山他，1968），ボルネオのキナバル断層（徳山，吉田，1974）など太平洋西側の大横摺れ断層の一つの特徴である（徳山，1975b）。一方引き摺り帯を伴わない単一の剪断面による断層の例としては根尾谷断層が挙げられる。この地域には山口帯が分布するが，褶曲軸はほぼ東西方向で直線的であり，断層を挟み東と西の両側で平行に摺れており，フォッサマグナのような彎曲した引き摺り帯はない[3]。両側での背斜向斜の軸を比較すると，この断層による摺れの変位量は4～5 km であると考えられる。この断層では濃尾地震の際に生じた水鳥の断層崖が有名であるが，このような断層運動が少なくとも1000回は繰り返されないとこの変位量にはならないことになる。

V. フォッサマグナの最近の地殻運動

前述のようにフォッサマグナの断層では，丹沢の褶曲帯が大きく摺れているので，この断層は地質的には極く最近生じたと考えられる。大崩玄武岩や下部附近のスレートのゲフューゲはこの褶曲帯形成後の後生変形を意味している。丹沢の褶曲や変成の時期を正確にきめることはむずかしいが，この褶曲に中新統最上部乃至鮮新統下部の西八代層群に礫の並び換えがあるので，これらの地層の堆積後更に或る程度地層が重なり少なくとも2～3 km の深さに埋没して後に褶曲ができた事になるから，鮮新世中期以降であることは間違いない。この褶曲帯が引き摺り帯をも含めれば100km 以上も摺れていることを考えるとフォッサマグナは恐らく現在も活動しているであろう。

この断層はほぼ南北方向で左横摺れであるが，その主圧縮応力軸の北西―南東方向と富士，浅間，箱根，伊豆等の多くの火山の長軸方向や岩脈の方向が一致している事から考えると，これらの火山はこの横摺れ断層運動の羽状割れ目に噴出したと考えられる（徳山，1972b）。このように解釈すると，ナウマンが富士山の頂上で考えた北西―南東方向の寄生火山群も当然このフォッサマグナの断層運動と関連があり，かつこのような火山活動と関連している事はこの地殻運動が現在も尚続いている事になる。1930年の北伊豆地震や1974年の伊豆半島沖地震（徳山，1975c）も同じ地殻運動のあらわれである。

このようにフォッサマグナ全体としては現在も尚活動が続いているので，この地殻運動がどのような形で進行しているかを考えることは最近話題になった「駿河湾内の巨大地震説」とも関連があり緊急かつ肝要な事である。

静岡大学では1972年以降光波測距儀 AGA 社ジオジメーター700型による観測を開始したが，これは静岡を中心とするフォッサマグナ地域の地殻運動を長期にわたり継続して測定したいと考えたからである。

この測距儀で測定できる距離は5 km を限度としているので，国土地理院の規格による三等三角網以下の小型基線が測定の対象となるが，このような小型の基線でフォッサマグナ全域をカバーする事はできないので，以上でのべた構造地質学上重要と考えられるいくつかの地域を選定した。選定の視点としては第1にフォッサマグナの主断層の糸魚川―静岡線又はその近くの地域，第2に現在確実に動きつつある地域，

3) 1966年度特定研究費研究成果（p. 100，図1）に報告。

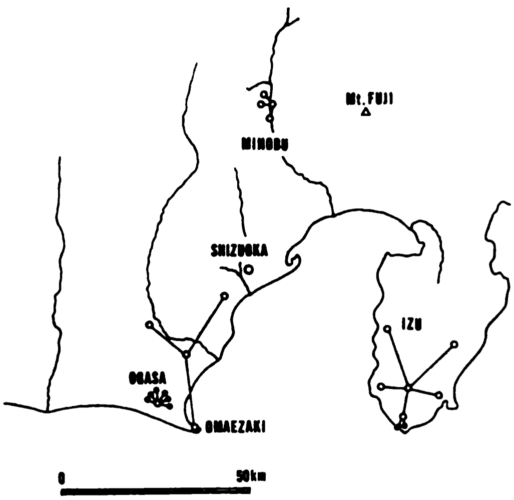


図2　フォッサマグナ地域の光波測量基線網

第3に引き摺りの比較的少ないやや安定した地域を考えた。実際の測定に当っては，少しでも長期の観測データを積み重ねたいと考え，同型の光波測距儀で測定している東大地震研究所の基線網の一部をそのまま継承することとし，身延，小笠の基線網（笠原他，1968）についてはそのまま継続観測を行っている。これらを含め現在継続観測を行っているのは次の諸地域である。

1．糸魚川—静岡線を中心とする地域

a．静岡地域Ⅲ等及びⅣ等三角網‥‥

○片山（Ⅳ等）より杳谷（Ⅲ），沼上（Ⅲ）

○杳谷（Ⅲ）—沼上（Ⅲ）を基線とし，大岩村（Ⅲ）及び賤機山（静大新点）の三辺測量。

これらの三角点はいずれも基盤の上に設置されており，杳谷—沼上の基線と賤機山—大岩村の間を糸魚川—静岡線が通っているので，もしこの断層線が動けば三辺の差により移動量が算出できる。

b．身延基線‥‥東大地震研究所基線網（笠原他，1969）帯金より身延橋，三光堂，山額の放射基線

この基線は曙断層を跨いでいることになっているが，それよりも放射基線による地域歪をとらえることの目的が大きい。

2．現在確実に動いていると思われる地域

a．南伊豆基線網

○青野（Ⅱ）より入間（Ⅱ），岩科（Ⅱ）の国土地理院二等三角網

○入間（Ⅱ），長津呂（Ⅲ）及び仲木（静大新点）の三辺測量。

これらは伊豆半島沖地震以降の余効地殻運動を捉える目的で継続しているが，1977年には一応終息したと考えられる。

3．引き摺り現象のあまりない比較的安定していると思われる地域

小笠基線網‥‥河東山を中心とした放射6方向の半円形の基線（いずれも東大地震研新点）

この地域は引き摺りが比較的少ないので地域的変形を測定する目的で設置された。

以下に伊豆，身延，小笠の各基線網について現在までの結果を報告する。

南伊豆基線網の結果（図3A，3B，表1，2）

1974年5月伊豆半島沖地震がおこり南伊豆町に多数の地割れや小断層ができた（徳山，1975）。この事から震源地域ではかなりの地殻運動があったと考え，光波測量により地殻変形を測定しようと試みた。幸い青野を中心とする国土地理院のⅡ等三角点の放射状基線がジオジメーターⅧ型により1972年に測定されていたので，東大地震研究所と協同で地震直後にこの改測を行った。天候の関係で青野から入間，岩科の2測線しか測定出来なかったが，その後の国土地理院の改測により，他の3測線の範囲には地殻変形はなかったことがわかった。

この結果南伊豆では割れ目の生じた範囲の青野から南西の地域が北西南東方向に短縮し，北東南西方向に延び，この2方向での最大歪は10^{-4}に達した（徳山，1975；表1）。

尚この測定で注目されるのは1975年2月の地理院の測定で，地震以後の6月以降8ヶ月間に，地震直後に測定した歪の約0.6が追加され，地震後の余効変形の量が大きい事であった。ジオジメーターⅧ型による

表 1~5　光波測量成果

表1　青野村基点からの南伊豆地域中型基線光波測量成果（単位：m）

期日＼測線	鉢　山	本　郷	入　間	岩　科	一　色	備　考
1.　1973　II	14446.799	7016.990	7941.823	6676.958	13531.736	（国土地理院）
2.　1974　VI			7941.882	6676.901		（静岡大，東大地震研）
3.　1975　II	14446.862	7017.053	7941.914	6676.865	13531.747	（国土地理院）

表2　南伊豆地域三辺光波測量成果（単位：m）

期日＼測線	中木―入間	中木―長津呂	入間―長津呂	面　積 (m^2)
1.　1975. VI	2306.669	1322.125	2072.301	1357986.298
2.　1976. V	2306.675	1322.143	2072.301	1358004.445
(2.)−(1.)	+0.006	+0.018	0.000	+18.147
3.　1977. V	2306.675	1322.142	2072.303	1358004.547
(3.)−(2.)	0.000	−0.001	+0.002	+ 0.102

表3　帯金基点からの身延地域放射基線光波測量成果（単位：m）

期日＼測線	山　額	三　光　堂	身　延　橋
1. 1974- 4-22	2243.797	2390.248	2877.675
2. 1974-11-19	2243.798	2390.245	2877.674
3. 1976-11-16	2243.805	2390.242	2877.683
4. 1977- 4-28	2243.801	2390.253	2877.685

表4　河東山基点からの小笠地域放射基線光波測量成果（単位：m）

期日＼測線	海　戸	大　石	城　山	目　木	新　野	中田原	備　考
1. 1974- 2- 1	3751.405	3560.290	4802.124	4697.168	3997.290	5241.339	（東大地震研）
2. 1974-10-31	3751.399	3560.290	4802.122	4697.167	—	5241.348	（東大地震研・静岡大）
3. 1976-11-8,9	3751.404	3560.291	4802.128	4697.177	—	5241.348	（静岡大）

表5　坂部村基点からの御前崎地域中型基線光波測量成果（単位：m）

期日＼測線	高　草　山	横　岡	御　前　崎	備　考
1.　1974. IV	18335.451	13071.670	18487.715	（国土地理院）
2.　1975. XI	18335.441	13071.643	18487.713	（　〃　）
3.　1976. XI	18335.446	13071.659	18487.724	（　〃　）

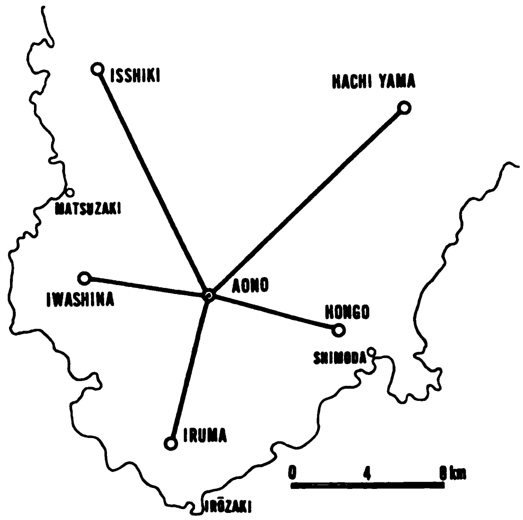


図３Ａ　南伊豆放射基線（国土地理院）

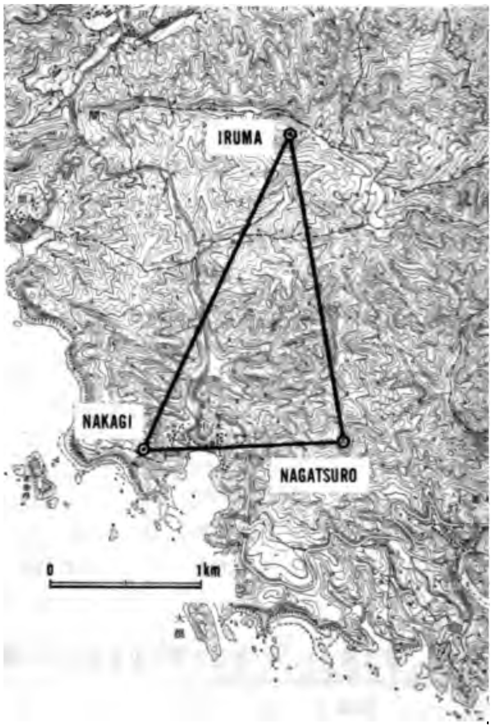


図３Ｂ　南伊豆小型三角網（静岡大学）

改測はかなり手間がかかるので，其後地殻変形のあった仲木に測点を設置し(図３Ｂ)入間一長津呂一仲木の小型基線を設置し三辺測量による継続測定を行った。この結果表２の通り入間一長津呂の辺に対し仲木点が1975～1976年の１年間に18mm 北西に移動し，この三角形の面積は18.15m² 増大した。1977年の改測では各辺共1976年の測定と全く等しいので，前述の余効地殻変形は２年間で一応終息したと考えて良い。

尚余効地殻変形については石廊崎の断層でも地質調査所の垣見等により測定されているが（宮沢，衣笠，1977），その量Ａ点での BD 辺の1.85cm は地震の時の変位量の40cm に比し小さい。既に指摘した通り，地震断層ができて地震時に活動した部分では余効現象は小さく，この放射基線内であまり大きな断層のできなかった地域では余効現象が長く続いたと解釈される。

身延基線の結果（図３，表３）

身延基線は東大地震研究所で設置し(笠原ら，1968)，1967年以降の測定があり，最も古い基線の一つであるが，途中測定点標石の埋設換えや測定機種がジオジメーター Ⅳ型，Ⅵ型，700型と変わった事もあって，この間の機械や精度の更正が充分でない事もあって，正確なデータが得られるようになったのは最近である。当初の測定（1967，3,7）では山額2243m 759，三光堂2390m 225，身延橋2877m 642であり，現在の測定値とはやや異っているが，これは有意の地殻変形を意味しているとは考えられない。

小笠基線の結果（図５Ａ，Ｂ；表４，５）

小笠基線は東大地震研究所の柴野により設置された，河東山を中心とする半円形６方向の放射基線で新野Ⅲ等三角点以外は東大の新点である。1974年以後の測定結果は表４のとおりで，1974年は静大，東大協同で，又1976年には静岡大学が改測し，それぞれ機械の更正も行ってある。この基線は半円形なので，地域的な歪を捉える目的で設置してある。例えば北西一南東方向からの圧縮があった場合，北西一南東方向の測線が縮み，又北東一南西方向の測線が延びる筈であり，この基線では長さをそろえてあり半円形にし

てあるので，計算に便利である(図5 B)。

この基線の成果は表4のとおりで，約3年間にほとんど意味のある変化はない。

尚この放射基線とほぼ同じ時期に国土地理院では坂部を中心とする大型基線をⅢ型で測定し(図5 A)，それらの結果は表5のとおりである。この2つの光波測量の結果は同時に1976年12月の地震予知連絡会に提出され公表された[4]。

図1の通りこの2つの基線はほぼ同じ位置にあってこの2つは期せずしてダブルチェックする形となり相互のデータの信頼度を確かめる結果となった。

VI. フォッサマグナ地域の地震活動と地殻構造

フォッサマグナを中心とする地域には大きな地震がなく，いわゆる地震空白域となっている。理科年表によると，この地域でM 7 を越える地震は1930年の北伊豆地震 (M7.0) だけである。一方フォッサマグナは現在も活動している筈であり，もしそうなら糸魚川—静岡線の断層も活動しているのではないかと考えられる。この変位量を仮に約100km とし，

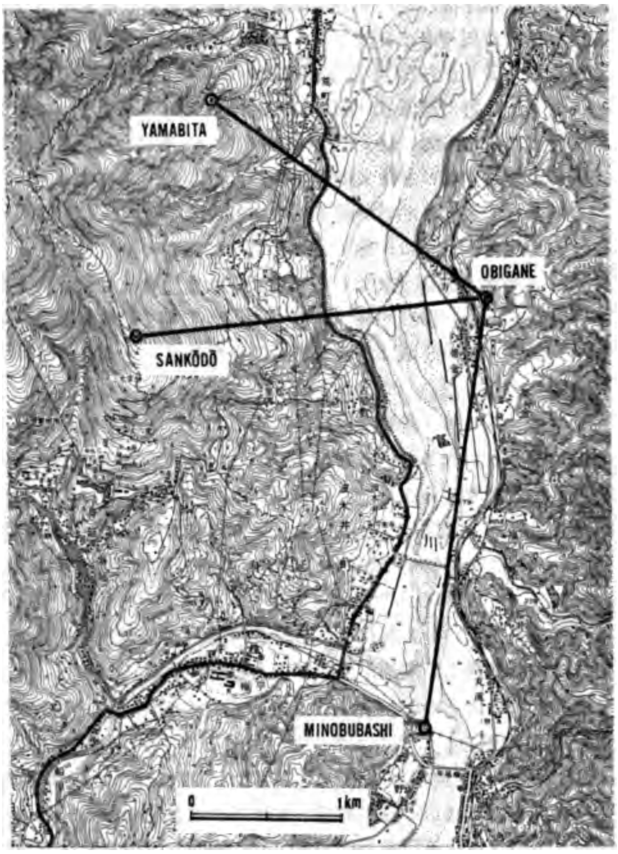


図4　身延基線網（東大地震研）

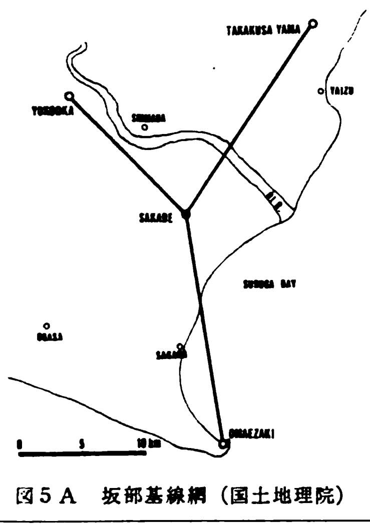


図5 A　坂部基線網（国土地理院）

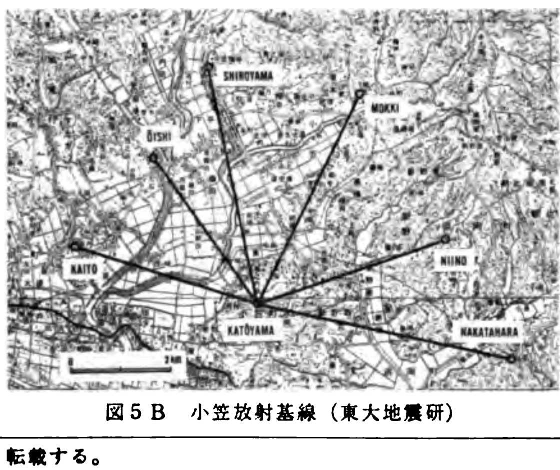


図5 B　小笠放射基線（東大地震研）

4) 国土地理院藤井陽一郎氏の好意により転載する。

断層が丹沢褶曲後の約1000万年前頃から動き始めたとすれば平均して1cm/年の移動速度をもつことになる。身延山の久遠寺は日蓮上人の建立といわれ，大変古い寺院であるが，特に総門は日蓮上人在世中に寄進されたと云うから700年以上たっている事になる。身延山史（久遠寺，1973）によると，地震による建物の大きな被害の記録は1854年の安政地震の時のみで，この他には記録はない。この断層が1cm/年で動いたとすればこの間に約7mの変位があった事になり，この間に建物に大きな被害があったような地震の記録が1度しかない事は大変興味深い。

このように大きな地震が起きていないのはこの地域の基盤岩の引き摺り構造に関係があると解釈できる。この引き摺り帯はⅣ節で述べたように細かい割れ目に沿った摺れの集積であるとすれば，この地域の基盤は，小さく破砕されている為に大きな地震を起こす程大きな歪エネルギーを蓄積し得ないのではないかと考えてよい。伊豆半島沖地震（M6.7）の時の変形範囲が10km四方に限定されている事を考えると，フォッサマグナの地域は基盤岩がこの程度のブロックに分かれて居り，北伊豆地震級のせいぜいM7程度の地震しか起きないのではなかろうか。

サンアンドレアス断層や根尾谷断層のように大きな断層に沿って反復して地震が起きる場合には弾性反発的地殻運動があると考えられるが，フォッサマグナでは大きな彎曲を伴う引き摺り帯があるから，もし弾性反発的に考えるなら，この彎曲部の30～40kmが一度に摺れなければならないが，この彎曲部は細かい割れ目に沿って摺れているから反発する事はなく，いわば塑性的な変形である。赤石山地や身延など断層沿いに大きな断層がないのは，このような小さな割れ目によって歪エネルギーが解消された結果と思われ，もしそうであるとすればこの引き摺り帯の変形は長時間にわたり少しずつ動いたクリープに近い変形運動なのではないかと解釈される。伊豆半島沖地震後の余効変形が長期にわたりかつかなり規模が大きい事もこの基盤構造と関連しているように思われる。

このように考えると，赤石山地を中心とする大地震“空白域”は大地震の起きない機構を蔵している事になる。地震を起こす歪エネルギーが溜るかどうかは地殻という容器の容量にかかわって居り，100年とか120年とかの地震空白期間の長さに関わる事ではない。現在問題となっている「駿河湾」及至「東海沖」地震の考え方にはこの点の考慮が欠けていると思われる。ましてや「駿河湾トラフへのマントルのもぐり込み」と云う単なる仮説が即地震予知に関係しているわけではない。もしこの仮説の上に地震説が成り立つと考えるならまずそのトラフを地殻やマントルの構造の上で証明する必要がある。災害科学は直接人の生活に影響を及ぼす学問であるし，特に地震予知のように大きな社会的不安に結びつく発言に当っては充分な実証的証拠の吟味に立って行わなければならない。

フォッサマグナはナウマンの発見以来100年を経てようやく周辺地域の地質構造が明らかとなったが，実際の地殻運動の様子はわかっていないし，引き摺り帯の形成運動の問題も未解決である。又大きくいえばフィリピン断層やキナバル断層等北西太平洋の大断層との関連，日本列島の彎曲の問題等，フォッサマグナに関連して未解決の大問題は数多く残されて居り，事の本質はまだまだ明らかにされていない。「幾多の学説が現れては消え，立っては倒れている間に，吾人の知識は少しずつ歩を進めて行く事は疑いない。雑多の学説は此意味に於いては唯事実の大建築を造り上げる為の足場に過ぎないのである」と云う寺田寅彦の言葉はフォッサマグナ100年の研究史にそのまま当てはまるように思われる。今我々にとって必要なのは仮説ではなく，1歩ずつでも確実に歩を進める実証的なデータである。「地殻物理」と云う新しい視点に立ってフォッサマグナの地質を瞥見し擱筆する。

引用文献

半田孝司(1976)：光波測量の精度について—ジオジメーター700型の特性．静大地球科学研報，2，19-34．

石川慶司(1972)：山梨県巨摩郡下部町付近の地質．静岡地学，23，35-39．

笠原慶一，岡田　惇，柴野睦郎，佐々木幸一，松本滋夫，平井正代(1968)：光波測量による地殻変動

の観測，第２報，関東・中部地方における基線網の増設と観測結果（昭和41・42年度）．東大震研彙報，46，741-758．
木村敏雄(1959)：A sharp bent of the Median tectonic line and its relation to the Akaishi tectonic line····Tectonic significances yielded by lateral faults. *Japan. J. Geol. Geogr.* **30**, 215-232.
―――，徳山　明，B. A. GONZALES & D. R. ANDAL (1968)：Geologic structures in the Tayabas Isthmus District, Philippines. Contributions to the Geology & Palaeontology of Southeast Asia, 49. *Geol. Palaeont. Southeast Asia* **4**, 156-178.
小林貞一(1941)：The Sakawa Orogenic Cycle and its Bearing on the Origin of the Japanese Islands. *J. Fac. Sc., Univ. Tokyo, Sec. 2*, **5**-7, 1-578.
―――，大塚彌之助(1938)：西南日本地体構造と中生代古地理に関する一考証(其７)，地質雑，45．
松田時彦(1958)：富士川地域北部新第三系の褶曲形成史．地質雑，64，325-345．
宮沢芳紀，衣笠善博(1977)：石廊崎断層の余効的運動．地調特別報告，6，105-120．
身延山久遠寺(1968)：身延山史．
NAUMAN, Edmund (1893)：Neuere Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. Petermanns Mitt. No. 108, 45S.
大塚彌之助(1948)：温故知新．日本叢書，84，31p.
―――(1952)：地質構造とその研究，朋文堂，275p.
小川琢治(1907)：西南日本地質構造論，地学雑，19．
SUESS, Ed. (1888)：Antlitz der Erde 2, S. 225.
徳山　明(1972a)：糸魚川―静岡線沿いの竜爪帯と大崩海岸の地質概説．静大地学研報，3，7-11．
―――(1972b)：静岡地域の基盤構造の問題点．静大教育研報(自然科学)，23，67-86．
―――(1975a)：フォッサマグナ地域の地殻運動と基盤岩の崩壊．自然災害シンポ論文集，12，133-134．
―――(1975b)：環太平洋造山帯の特徴，海洋科学，10，44-48．
―――(1975c)：1974年伊豆半島沖地震に伴う地殻運動，静大地球科学研報，1．
―――(1977)：赤石山地の山地災害と基盤地質．自然災害シンポ論集，14，285-286．
―――，吉田鎮男(1974)：Kinabalu Fault, a Large Strike-Slip Fault in Sabah, East Malaysia, *Geol. Palaeont. Southeast Asia*, **14**, 171-188.
矢部長克(1919)：Problems concerning the geotectonics of the Japanese Islands: Critucak reviews of various opinions expressed by previous authours on the geotectonics. *Sc. Rept., Tohoku Imp. Univ.* (*Geol.*), **4**, 75-104.

(1978年１月11日受理)

地学雑誌 87, 2 (1978)

故江原真伍先生の化石コレクションについて
――とくに頭足類化石――

松 本 達 郎*

On the Late Dr. Shingo YEHARA's Collection of Fossil Cephalopoda

Tatsuro MATSUMOTO

Abstract

The late Dr. Shingo YEHARA's Collections of fossils from various (mostly Mesozoic) localities of Japan, excluding those of the described types, are now preserved in the Tenri High School, Nara Prefecture. In response to the request of the High School, I identified fossil cephalopods and some inoceramids among others. 72 cephalopod species, along with some inoceramid species, are listed, with brief notes, under the following grouping:

Ⅰ. Cephalopoda from the Lower Cretaceous of the Miyako area, Northeast Japan
Ⅱ. Cephalopoda from the Lower Cretaceous of Southwest Japan
Ⅲ. Cephalopoda from the Cenomanian of Southwest Japan
Ⅳ. Cephalopoda from the Turonian of Southwest Japan
Ⅴ. Cephalopoda from the Coniacian and Santonian of Southwest Japan
Ⅵ. Cephalopoda from the Campanian and Maastrichtian of Southwest Japan
Ⅶ. Cephalopoda from the Upper Cretaceous of Hokkaido
Ⅷ. Some inoceramid species
Ⅸ. Tertiary Cephalopoda
Ⅹ. Jurassic Cephalopoda
Ⅺ. Triassic Cephalopoda

序 言

江原真伍先生の略歴については，松下進教授（1964）の記事がある。先生は，はじめ東北大学で岩手県宮古付近の白亜系の層序と化石を研究され，後24年間にわたり旧制第三高等学校で学生を育成しながら，西南日本中生界の層序・化石・地質構造の研究を遂行，定年退官後は約20年間，立命館大学で教鞭をとる傍ら研究を続けられた。その間日本及び隣接列島の地質構造を“太平洋運動”との関連において説く学説（YEHARA, 1940；江原, 1950等）を唱えた。この太平洋運動は，現在の学界の概念でいうならば，太平洋プレートの運動に相当するということができ，まだ海洋底の地質学・地球物理学の資料の十分でない当時に，類似の概念を直観的に予測したという点で，時代にさきがけた洞察力を示したものと，私は敬服している。私は先生の直接の門下生ではなかったが，白亜系の研究をはじめた1935年の頃から，先生に接する機会に恵まれ，情熱をこめた学究態度と後輩への暖い親切に，心打たれるものがあった。

* 九州大学理学部地質学教室気付 Dept. of Geology, Kyushu University

さて時は経って，私自身九州大学を間もなく定年退官するという1976年に，天理高等学校より，故江原先生の化石コレクションのうち，イノセラムス（二枚貝）とアンモナイトを主とする頭足類化石の鑑定の依頼を受けた。これは実は松下進先生の御配慮によるもので，これより先1966年に京都大学でそのコレクションの一部を，松下教授・亀井教授からの御要望に応じて拝見したことがあった関係もあり，前述の御生前に受けた御恩返しの気持もあって，快諾した次第である。YEHARA の著者名の論文中に記載公表された化石種の標本（タイプ　スペシメン）は，京都大学理学部地質学教室と教養部に保管されている筈であるが，その他の未記載化石が天理高等学校に保管されており，実際は同高校の生物室で，小杉武文先生が，教務の傍ら，非常な努力をはらって整理に当たって下さっている。私宛には同先生から化石が届けられ，またこれを同先生をへて，天理高校に全部返却した次第である。

すでに故江原先生の現生貝類コレクションは，黒田徳米先生の鑑定，波部博士の通覧をへて，目録が出版されている（天理高校，1973)。化石についても同様に，目録を出版する準備がなされているということである。従ってここには，予報的に，そして私の専攻しているアンモナイトを中心として，とくに留意すべきものについて覚書を記すとともに，このコレクションの意義について言及したい。

コレクションの内容の概要

私の所に送られた標本は，頭足類化石が約250点，イノセラムスが約300点であるが，ほかに三角貝その他の二枚貝化石が多数，巻貝，サンゴ，大型有孔虫化石も若干あるという。標本には番号がついているが，1点（すなわち同一番号）が2個体以上の複数標本から成っている場合が時どきある。

全国各地の中生界分布地の化石産地から採集されたものであるが，とくに東北日本の宮古地域と西南日本各地の白亜系産のものが多い。ラベルには江原先生の独特な筆蹟のついたものもあるが，もとのラベルはなくなっているか，後年別な筆蹟で誰かがラベルをつけたものもある。化石種の学名のついたのは少なく，あっても修正を要する場合が多かった。産地は，およその地名（例　古城山）で，ポイントを示すような書き方は少ないが，当時としてはそれでよかったのであろう。層位についても同様で，ラベルのいれまちがいでなくて，白亜紀を示すと思われるものに例えば三畳紀と記されているようなことが，ままあるが，地質構造の複雑な地域の場合には，当時としてあり得たことである。産地を記したラベルが落ちて，"産地不明" となってしまったものが少なからずあるのは残念であるが，岩質や化石の特徴からほぼおよその地域（地点）を推定可能なのが，その中にいくらかある。

「あそこのあれ」とわかるもののほかに，このようなものが，昔は採集されたのであったかと，教えられるものもある。けだし，昔と今とでは露出状況が異なるからであろう。又さらに，自分も含め後輩達の努力の不足もあろう。他界の先生から励まされた感じがする。

採集者名中に時おり沢田俊治と明記された場合がある。江原先生自身熱心なフィールド・ワークを重ねられたことは周知のとおりだが，先生の野外調査を沢田さんが助けたということも伝えられている（論文中の謝辞のほか，松下，1964；別所，1975にも記述がある)。

学史的意義に加えて，熱心なフィールド・ワークを通じて集められた故江原先生の標本中に，現在行われている研究にも活用できる知識や示唆を学びとることができるという見地からも，この覚書を記しておきたい。

白亜系産の化石

見せていただいた化石の主要部分は白亜系産のものである。ラベルに三畳紀とか時代不明と一応記されているものの中にも，白亜紀としてよいものが少なくない。

その産地は南西から北東へ次のようである。

(1) 熊本県天草地方～宇土半島

(2) 大分県大野川流域

(3) 愛媛県宇和島地域
(4) 高知県諸地点，とくに物部川流域
(5) 徳島県那賀川並びに勝浦川流域
(6) 四国の和泉層群地域
(7) 淡路島の和泉層群地域
(8) 和泉山脈の同層群地域
(9) 和歌山県鳥屋城その他の有田川流域
(10) 岩手県宮古その他の宮古層群地域
(11) 北海道（浦河・夕張・幾春別・天塩・宗谷等)
(12) 樺太〔現在のサハリン〕

このほかに No. 261の *Inoceramus hobetsensis nonsulcatus* の保存のよい標本に，台湾台南州阿里山街道というラベルがついており，原簿にもそう記録されている。この記録が正しいとすると，全く新しい発見ということになる。

頭足類について，地域・地質系統ごとに大別して，同定した学名，標本番号，とくに気付いた事項などを，以下記録しておく。時代区分名に K1～K6 (a, b に細分) の記号を使うが，その定義については，松本，1967；小畠・松本，1977；MATSUMOTO, 1977b を参照されたい。

I. 宮古地域の下部白亜系上部 (K3)

1. *Paracymatoceras* (?) sp.　725, 728。
2. *Hulenites* n. sp. (?) aff. *H. reesidei* (ANDERSON)　45a, b；北米の種より螺環の幅が狭く，両側面は外方へ狭まっている；肋も細かく数多い。
3. *Melchiorites* (?) sp.　52；へそはかなり狭い；縫合線が見える。
4. *Parahoplites* sp. aff. *P. vectensis* CASEY 820；かなり保存のよい，大型のもので，記載に値する。
5. *Hypacanthoplites* sp. [n. sp. ? aff. *H. jacobi* (COLLET)を含む]　44(平井賀右側の石灰質砂岩，明治43・10・7 YAEGASHI 採集)，48（6個)，496, 1302；記載の価値あり。
6. *Paracanthoplites* [or *Acanthoplites*] sp.　53（5個)；小型で壮年的の装飾あり；さらに研究した上，記載に値するであろう。
7. *Diadochoceras nodosocostatiforme* (SHIMIZU)　46A；K3a 最上部。
8. *Diadochoceras* spp.　47A, B。
9. *Nodosohoplites* sp. aff. *N. caucasicus* (LUPP.)　46B-D；研究・記載の要あり；K3a。
10. *Douvilleiceas mammillatum* (SCHLOTHEIM)　49（5個)；OBATA(1969) が記載したものによく似る；K3b 下部。
11. *Ptychoceras* sp.　53A。
12. *Neohibolites* spp.　561～565, その他多数あるが，断片的である。

II. 西南日本の下部白亜系 (K2, K3)

13. *Hypophylloceras yeharai* NAKAI & MATSUMOTO　659 (幼殻)，660 (外型のみ，これに基づき作成した石膏模型は九州大学にあり，NAKAI & MATSUMOTO, 1968, pl. 3, fig. 1 に図示)，及び661。YEHARA (1924, p. 81) は勝浦川盆地の坂本の藤川頁岩から "*Phylloceras* cf. *ramosum* (MEEK)" が産することを記録しているが，その原標本がこれらとみなされる。詳細は上記共著論文 (p. 4～7) を参照されたい。時代はアルビアン (K3b)。
14. *Phyllopachyceras* sp. cf. *P. infundibulum* (d'ORBIGNY)　846, 湯浅・栖原間；この地点の有田層からは，その後も本種の産出が報告されている (YABE, 1915；小畠・小川，1976)。K2。
15. *Pseudohaploceras* sp.　26,27,29；高知県の"三畳系" とあるが下部白亜系であろう；K2b か K3a.

16. *Uhligella*（?）sp. 28（上記と同様）。

17. *Desmoceras* (*Pseudouhligella*) sp. 281（数個の小型のもの）；*D.*（*P.*）*dawsoni* の幼殻かどうか未定；勝浦郡日浦，K3b（?）。

18. *Hamites* sp. cf. *H. compressus* SOWERBY 519，高知県越知面，K3b。

III. 西南日本のセノマニアン（K4a）

19. *Mantelliceras japonicum* MATSUMOTO, MURAMOTO & TAKAHASHI 398, 399，高知県香美郡香美町猪野々（沢田1924, 7, 25）；今日の永瀬ダムは猪野々にあるが，同地点からの平田茂留のコレクションにも同種があり，セノマニアン下部が明示されている。

IV. 西南日本のチューロニアン（K4b）

20. *Prionocyclus* sp. cf *P. wyomingensis* MEEK 873；中くらいの大きさの段階のものの螺環断片であるが，本種の特性がよく示されている。あいにく産地が不明だが，四国か九州のどこかの，シルト質帯緑暗灰色の細砂岩。北米西部内陸地域に多産する本種は，稀ながら北海道にも見出されていたが（MATSUMOTO, 1971），江原コレクション中にもあったとは興味深い。K4b の上部を示唆。

V. 西南日本のコニアシアン・サントニアン（K5）

21. *Protexanites* sp. cf. *P. bontanti* (GROSSOUVRE) 1586A，宇和島の古城山。*P. bontanti shimizui* MATSUMOTO か否かは決定困難；もっとよいものを古城山のフィールドでさらに探究しなければならない。コニアシアン（K5a）上部かサントニアン（K5b）下部。

22. *Texanites* (*Plesiotexanites*) *pacificus* MATSUMOTO 740，天草姫戸村。北海道のサントニアン産（MATSUMOTO, 1970）のと同一種が九州の姫浦層群（下部亜層群）にも産することが明示された点で重要；径6 cm ほどの中年殻だが特性はよく示されている。K5b。

23. *Anagaudryceras limatum* (YABE)（一部は cf.）121, 139, 827, 828, 862, 1404, 1614，宇和島の古城山及び清水；727, 729（宇和島と推定）。成殻の住房が少なくないのは興味がある。K5a。

24. *Gaudryceras* sp. cf. *G. denseplicatum* (JIMBO) ["var, *intermedia* YABE" を含めて] 718, 720, 726；天草姫浦琵琶頸，河内・今泉間の峠の今泉側など；私自身の観察では，姫浦層群の K5b には *G. tenuiliratum* はほとんど産せず，*G. denseplicatum* のしかも住房のある大型成年殻がよく産する。断片ではあるが，江原コレクションにもそのことが示されている。

25. *Scalarites* sp. cf. *S. mihoensis* WRIGHT & MATSUMOTO 732，古城山，K5a（?）。

26. Cf. *Polyptychoceras obstrictum* (JIMBO) 1803，高戸の姫浦層群，K56。

27. *Eupachydiscus* sp. [少くとも一部は *E. haradai* (JIMBO)] 719, 830（和田鼻），723, 724, 731（姫浦小島）；いずれも模式地の姫浦層群，K5b。

28. *Cymatoceras* sp. cf. *C. pseudoatlas* (YABE & SHIMIZU) 721，天草東浦，K5b。

VI. 西南日本のカンパニアン・マストリヒチアン（K6）

29. *Pachydiscus* sp. cf. *P. suciaensis* (MEEK) 853, 855, 857，いずれも淡路志知村の頁岩層。本種は北米太平洋岸のカンパニアン（K6a）原産であるが，同一または近似種が和泉層群（志知頁岩）にも産することは，化石の記載を添えて報告する価値がある。

30. *Pachydiscus* sp. cf. *P. buckhami* USHER 420，鳥屋城から北米太平洋岸産のと似たものが産する事実は注目すべきである。K6a。

31. *Canadoceras* sp. cf. *C. cottreaui* COLLIGNON 840，鳥屋城。直径約270mm のかなり大型の標本で，螺環の半分は住房である。内の螺環がよく保存されていないため，疑問が残るが，特色的な殻形と，多数の肋がある中で周期的に強い肋（へその近くに突起あり）があり，浅いくびれを伴うことから，*Canadoceras* とみなされる。*C. kossmati* MATSUMOTO に似るが，肋がはるかに粗く数少ない。その点マダガスカルのカンパニアン中部産の *C. cottreaui* COLLIGNON に酷似するが，後者の

模式標本より大型で，年齢差があるから，確信をもって同定しかねる，和泉層群の各層産 *Pachydiscus* (小林, 1931) とは上記の特徴で区別できる，鳥屋城層には従来未知だった種である，K6a が示唆される，

32. *Saghalinites* sp. cf. *S. nuperus* (HOEPEN) 839. 鳥屋城産。YABE, 1915 (pl. 3, fig. 2) が *Tetragonites* cf. *cala* (FORBES) として記載したものも本種に同定される，本種の生存期間は K5b-K6a にわたるが，鳥屋城の場合は K6a であろう。

33. *Eubostrychoceras* (?) sp. cf. *E. elongatum* (WHITEAVES) 350, 835, 838, 843；いずれも鳥屋城産，YABE, 1915 (p. 17, pl. 1, figs. 4-6) において *Bostrychoceras japonicum* としたものと同一種であるが，これは北海道チューロニアン産の *Eubostrychoceras japonicum* (YABE) (MATSUMOTO, 1977a において修正定義) とは別種で，おそらく表記の北米太平洋岸のカンパニアン産の種と同一か，近似のものであろう。該種は最終の住房の形状にも特徴があるので，そういう標本をも得て，確かめるべきである。

33. *Didymoceras* spp. 断片的なものが多いので，種の決定は困難だが，従来の産出をも参考にすると，*D. awajiense* (YABE) があることは当然だが，他の種も含まっている可能性がある。淡路及び阿讃山脈の和泉層群と鳥屋城層から産出，259, 263, 306, 712, 822～826, 841, 843, 861, 1500；831, 836, 492, 494, 495など。この中で259（徳島県北灘村折野の上流大麻山山麓）は，*Didymoceras polyplocum* (ROEMER) に類似した点がある。K6a。

34. *Nostoceras* (?) sp. 2090, 産地不明だが，基質の細礫岩は和泉層群のに似る。U字型の住房部のみ，K6 (?)。

35. *Pravitoceras* (?) sp. 847, 淡路；断片。

36. *Solenoceras* sp. 715, 淡路湊村登立；K6。

37. *Diplomoceras* (?) sp. 1335, 愛媛県周桑郡徳田村暗色砂岩上の外型，密な肋特色；K6。

38. *Baculites* sp. 835, 鳥屋城 (32と共存)；3045, 羽ノ浦 (*Inoceramus* cf. *schmidti* と共存)；K6a。

39. 不明. 850, 淡路の阿那賀。外観は *Pseudoxbeloceras* に似る。しかし内面の凹部が侵食によるのでなく元来の性状だとしたら，正常巻アンモナイトの断片ということとなるが，相当する属種名が思い当たらない。

VII. 北海道・樺太〔現サハリン〕の上部白亜系

江原先生としては，たぶん参考上採集されたのではないかと思われ，組織的なコレクションではない。保存のよいものもあるから，教育上は有用であろう。また，ある部類（例えば *Gaudryceratidae*）には，該当種の典型例と比べて異なる性状を示すものが若干あるのは興味深く，aff. を種名につけて示しておく，

40. *Neophylloceras ramosum* (MEEK) 806a。

41. *Neophylloceras subramosum* (SPATH) 806b。

42. *Neophylloceras* cf. *hetonaiense* MATSUMOTO 3206a。

43. *Phyllopachyceras forbesianum* (d'ORBIGNY) [=*P. ezoense* (YOKOYAMA)] 804c, 807。

44. *Tetragonites glabrus* (JIMBO) 307, 804a, 808。

45. *Anagaudryceras* cf. *yokoyamai* (YABE) 1744 (浦河)。

46. *Anagaudryceras* sp. aff. *A. yamashitai* (YABE) 801 (アベシナイ)。

47. *Gaudryceras* cf. *denseplicatum* (JIMBO) 810。

48. *Gaudryceras tenuiliratum* YABE 304, 804b(?), 809 (5個), 814 (4個), 1822。

49. *Gaudryceras* sp. aff. *G. tenuiliratum* var. *ornata* YABE 813。

50. *Hyphantoceras* sp. 805。

51. *Polyptychoceras obstrictum* (JIMBO) 803。
52. *Subptychoceras yubarense* (YABE) 303, 814F。
53. *Polyptychoceras* sp. 1771A, 1949 (幾春別), 3126 (浦河)。
54. *Baculites* sp. 1901 (宗谷)。
55. *Desmoceras* cf. *poronaicum* YABE 1989 (幾春別桂沢)。
56. *Damesites* cf. *damesi* (JIMBO) 812。
57. *Damesites sugata* (FORBES) 817。
58. *Hauericeras* sp. 802 (幾春別)。
59. *Mesopuzosia* cf *indopacifica* (KOSSMAT) 3076 (石膏)。
60. *Kitchinites* (*Neopuzosia*) *ishikawai* (JIMBO) 811 (2個), 3079, 3206b。
61. *Kitchinites* (*Neopuzosia*) (?) sp. 3078 (石膏)。
62. *Anapachydiscus* sp. 818.
63. *Canadoceras* cf. *multicostatum* MATSUMOTO 1897 (北見 "ナカツベシ" 〔中頓別の誤か?〕 支流, 細粒砂岩の石灰質部)。

VIII. イノセラムスについて

イノセラムスについては, 大部分を野田雅之とともに検討し, 一部を私が単独で見た。大野川層群と宇和島層群から産出した *Inoceramus hobetsensis* NAGAO & MATSUMOTO と *Inoceramus uwajimensis* YEHARA に同定できるものが, 圧倒的に多い。しかし YEHARA (1924) に図示された原標本はこの中にはなく, わずかに *I. uwajimensis* の syntypes の1つである YEHARA, 1924, pl. 4, fig. 2の標本の石膏模型が No. 20の番号で認められた。

次に多いのは西南日本各地から産した *Inoceramus balticus* group に属するもので, その中にはなかなかよい標本があるが, これらについては野田が近くこの類を記載するときに, あわせて記す方が, 同定としても正確になるので, その機会にゆずる。

天草の姫浦層群から *Inoceramus* (*Cladoceramus*) *japonicus* NAGAO & MATSUMOTO forma *α* に似た標本がかなりあるが, 必ずしも保存がよくなく, また本種については問題が残っているので, これも他の機会にゆずる。

その他のイノセラムスの中で, 層位 (時代) 決定上重要な資料たりうるものがいくらかあるので, 以下それらについて覚書を記しておく。

1. *Mytiloides labiatus mytiloides* (MANTELL) 343; 不幸にして産地の記録がないが, 特徴のあるシルト岩で, 西南日本のどこかの地点と推察される。K4b の下部 (?)。
2. *Inoceramus tenuistriatus* NAGAO & MATSUMOTO 142, 144 (3個); ともに愛媛県北宇和郡成藤。宇和島層群中にチューロニアンがあるか否か, 研究者 (例えば棚部, 1972と寺岡・小畠, 1975) により見解が異なるが, 少くとも成藤の附近にはチューロニアンがあることが, この化石により強く示唆される。K4b 上部。
3. *Mytiloides* cf. *incertus* (JIMBO) 1605; これも成藤で, 上記の結論を支持する資料といえる。K4b。
4. *Inoceramus* (s. l.) sp. cf *I.* (*Sphenoceramus*) *cardissoides* GOLDFUSS or *I.* (*S.*) *pachti* ARCHANGELSKI. 他の可能性としては, *I.* (*Magadiceramus*) *austinensis* HEINZ が考え得る。1586B, 宇和島の古城山で, 1586A の *Protexanites* sp. (21) と共存; 特徴的な格子状装飾があるが, 断片的で殻の形状が不明なため, 上記のように異なる2つの部類のものが可能性として考えられる。何れにせよ, 古地理的にも対比の上でも興味深く, 今後の探求が必要。K5 (a か b か, a, b の境ごろか未定)。

5. *Inoceramus* (s. l.) sp. cf. *I.* (*Platyceramus*) *rhomboidalis heinei* SEITZ 1553, 和歌山県有田郡沼谷。日本としては注目すべき新資料である。もしこの種だとしたら，K5b（その比較的下部）が示唆される。

6. *Inoceramus* (s. l.) sp. cf. *I.* (*Platyceramus*) *cycloides cycloides* WEGNER 529, 熊本県宇土半島；姫浦層群としては，新資料であったといえる。K5b。

白亜紀以外の頭足類化石

IX. 第三紀

64. *Aturia* sp. cf. *A. yokoyamai* NAGAO 311, 福岡県朝倉郡；始新統。

X. ジュラ紀

ラベルに白亜紀あるいは三畳紀と記されていることがあるが，化石から考えて明らかに誤りである。

65. *Harpoceras* sp. 375, 豊浦の西中山；下部ジュラ系のトアルシアン。

66. *Kranosphinctes matsushimai* (YOKOYAMA) 601, 870 (cf.), 福井県大野郡下穴馬村長野；上部ジュラ系オクスフォーディアン。

67. *Ataxioceras* sp. cf. *A. kurisakaense* KOBAYASHI & FUKADA 1344, 3205, 徳島県那賀郡宮浜村轟，黒色頁岩；上部ジュラ系キンメリジアン。

68. *Perisphinctes* (s. l.) sp. cf. *Discosphinctes* sp. 1733, 徳島県宮浜村の黒色頁岩；上部ジュラ系キンメリジアン（？）。

69. *Graphoceras*（？）sp. 688（産地不明）。

XI. 三畳紀

3233の番号には，不幸にして産地のラベルがついていないが，おそらく三畳紀のアンモナイトと思われるものがある。石橋毅博士に同定をお願いしたが，次の3種が識別された。

70. *Anasibirites multiplicatus* (YEHARA) [*A. onoi* (YEHARA) の可能性も考えうる] 3233A（2個）。

71. *Arctopronorites yeharai* BANDO [他の可能性として *A. minor* BANDO も考えられる] 3233B。

72. *Meekoceras* sp. or *Hemiprionites* sp. 保存不良で確実な同定は困難；3233C（2個）。

以上3種は，下部三畳系を示す。化石は石灰岩に産し，種の組み合わせと江原先生の研究歴（YEHARA, 1925）から考え，四国（愛媛県東宇和郡野村町）の田穂石灰岩由来ではないかと推定される。

結　語

故江原真伍先生の天理高校保管のコレクションのうち，頭足類と一部のイノセラムスについて，覚え書きとしての報告をし，資料が学術的に価値あるものを多々含むことを記した。他の部類についても，適当な専門家により検討され，コレクション全体が正しく評価されるよう希望する。

終りにこのコレクションに接する機会を与えて下さった松下進先生と天理高校前校長山中忠昭先生に深く感謝し，この小文を目録作成前に学会誌に公表することを快諾して下さった天理高校に感謝致します。標本の整理にたずさわった京都大学の方々及び天理高校の小杉武文先生の御努力には深く敬意を表し，ありがたく思う。一部の標本について，同定を助けて下さった野田雅之博士と石橋毅博士にも御礼申し上げます。化石目録が出版される日の遠くないことと，そのためにもこの報文が役立つことを念願して筆をおく。

引用文献

別所文吉(1975)：江原真伍先生・沢田俊治先生小伝．四国の地質，(1)，1-33．

江原真伍(1950)：日本島の太平洋地体構造論．立命館大学五十周年理工学部記念論文集，7-105．

小林貞一(1931)：和泉山脈の和泉砂岩層. 地質雑, **38**, 629-640, pls. 10-11.
松下　進(1964)：江原真伍先生紙碑. 地理学評論, **37**(10), 571-573.
松本達郎(1967)：白亜紀. 浅野清外：地史学下巻, 408-477, 朝倉書店.
MATSUMOTO, T. (1970) : A monograph of the Collignoniceratidae from Hokkaido. Part IV. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.* [D], **20**(2), 225-304, pls. 30-47.
———(1971) : *Ditto*. Part V. *Ibid.*, **21**(1), 129-162, pls. 21-24.
———(1977a) : Some heteromorph ammonites from the Cretaceous of Hokkaido. *Ibid.*, **23** (3), 303-366, pls. 43-61.
———(1977b) : Zonal correlation of the Upper Cretaceous in Japan. *Palaeont. Soc. Japan Spec. Pap.* **21**, 63-74.
NAKAI, I. & MATSUMOTO, T. (1968) : On some ammonites from the Cretaceous Fujikawa Formation of Shikoku. *Jour. Sci. Hiroshima Univ.*, [C], **6**, 1-15, pls. 1-3.
Obata, I. (1969) : Lower Cretaceous ammonites of the Miyako Group. Part 3. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, [N. S.] (76), 165-176, pls. 18-19.
小畠郁生・松本達郎(1977)：本邦下部白亜系の対比. 九州大学理学部研究報告, 地質, **12**(3), 165-179.
小畠郁生・小川芳男(1976)：白亜系有田層の化石層序. 国立科博研報, [C], **2**(2), 93-110, 4 pls.
棚部一成(1972)：宇和島地方の白亜紀層. 地質雑, **78**, 177-190.
寺岡易司・小畠郁生(1975)：上部白亜系宇和島層群の層序. 国立科博専報, (8), 5-20, pls. 1-2.
天理高等学校(中山睦信編)(1973)：江原真伍博士旧蔵貝類標本目録, 1-79, pls. 1-2.
YABE, H. (1915) : Note on some Cretaceous fossils from Anaga on the island of Awaji and Toyajo in the province of Kii. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, [2], **4**(1), 13-24, pls. 1-4.
YEHARA, S. (1924a) : On the Izumi Sandstone Group in the Onogawa basin, Prov. Bungo and the same group in Uwajima, Prov. Iyo. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **3**(1), 27-35, pls. 2-4.
———(1924b) : On the Trigonia Sandstone Group in the Katsuragawa basin, containing Ryoseki plants. *Ibid.*, **3**(3-4), 79-86, pl. 18.
———(1926) : On the Lower Triassic ammonites from the Nomura basin, Prov. Iyo. *Jour. Geol. Soc. Tokyo*, **32**(386), 37-40, pl. 13.
———(1940) : On the lateral thrust from the Pacific. *Ibid.*, **17**(3-4), 233-250, pls. 25-26.

(1977年12月 1 日受理)

新しい国土情報の整備とその利用

髙 崎 正 義*

New Informations on the National Land and their Utilization

Masayoshi TAKASAKI

I. まえがき

1974年に国土庁が発足してから4年近くになるが，この間同庁は，国土地理院等の協力を得て，国土の実態を総点検する事業(国土情報整備事業)をすすめてきた。国土情報整備事業の主な内容は，1) 全国のカラー空中写真の撮影をすすめること，2) カラー空中写真等を利用して全国の平野部約9万 km^2 の土地利用図を作成すること，3) 土地利用図，地形図等の地図情報を数値化して磁気テープに格納することなどであり，これらの実際の作業は，国土地理院が民間の測量機関等の協力を得て実施した。

一方また国土地理院では，1964年ごろから本格的にすすめてきた2万5000分の1地形図の全国の測量を1977年にほぼ完了するとともに，1971年から着手した日本最初のナショナルアトラス（日本国勢地図帳）を1977年に出版している。

このように，全国にわたる空中写真，地図，アトラスなどが，ほぼ同時期に，統一された意図のもとに整備されたのは，わが国にとって画期的というよりは，むしろ最初のことという方が適切であろう。筆者は，これらの事業の責任者の一人としてことにあたってきたので，以下それぞれの事業の概要を紹介し，あわせてこれらの新しい国土情報の利用の方向について若干の私見を加えてみることとする。

II. ナショナルアトラスの作成

1977年3月，わが国最初のナショナルアトラス（日本国勢地図帳 The National Atlas of Japan）が，国土地理院編集，(財) 日本地図センター発行で，和文版と英文版に分けて出版された。A 2判（見開きA 1版，84.1cm×59.4cm），366ページの大冊で，多色刷りの地図276図を集録している。

このナショナルアトラスについては，かって本誌にその作成の概要について報告したことがあるので[1]，ここでは詳細には説明しないが，大項目別にみると，日本全図2図，自然30図，気候29図，開発と保全15図，人口21図，農林漁業31図，鉱工業・建設業26図，交通・通信29図，貿易・流通10図，商業・金融12図，政治・財政8図，社会26図，教育・文化29図，地方図7図，行政区画1図となっている[2]。

ナショナルアトラスはいうまでもなく，国土の自然，社会，経済，文化などの実態を地図を通して表現したものであり，今回発行された日本のナショナルアトラスでは，主要な地図は250万分の1，400万分の1のスケールを採用している。これらのスケールはコロプレスなどの表現法による統計地図等で，市町村別の表示が可能なスケールである。

今回出版されたナショナルアトラスの特徴を二，三あげてみると，1) 読図を助けるための補助図，グラフ，簡単な解説等が含まれているこ

* 建設省国土地理院 Geographical Survey Institute

1) 髙崎正義 (1973)：日本のナショナルアトラス作成について，地学雑，82(2)，44-50.
2) 個々の図の目次については上記の短報に記載してある。ただし少数の変更があり，今回出版の日本国勢地図帳の目次等についての詳報を知りたい方は，日本地図センター（東京都千代田区九段南 4-8-8 九段ポンピアンビル）に照会されたい。

と，2）世界のナショナルアトラスと比較してかなり広範な項目に及んでいること，3）作成時点(1970～73年ぐらい）の国土および国民活動の表現につとめ，歴史的な経過は補助図等で若干補足するにとどめていることなどがあげられよう。

国土地理院のパンフレットによると，今回のナショナルアトラス作成の狙いとして，1）国土計画，地方計画の基礎資料となること，2）国土に関する各種の調査，研究において辞典的な役割を果すこと，3）企業などにおける業務計画，市場調査の資料となること，4）民間で編集される地図帳の規範となること，5）外国に対してわが国の姿を正しく伝えることなどがあげられている。ナショナルアトラスは，その本来の性格から考えて，上記以外のいろいろな分野でも利用されるであろうが，今回のナショナルアトラスは，広い意味での国土情報として，国土計画，地方計画，あるいはそれに関連する民間活動の基礎資料として活用されることを大きな目的の一つとしていることがうかがわれる。

III. カラー空中写真の撮影

カラー空中写真の撮影は1974年から77年にかけてすすめられ，77年末にはほぼ全国の撮影を完了する。縮尺は平地部は8000分の1，山地部は1万分の1か1万5000分の1である。このような比較的大縮尺のカラー空中写真で，短期間に全国の撮影をすすめたのは，わが国で最初のことである（図1)。

これらのカラー空中写真は，主として国土計画，地域計画に活用する目的で撮影されたのであるが，全国約32万枚の写真はすべて測量用，判読用の規格を揃えており，広い利用範囲をもつ。これらの点についてはかって本誌に五条英司氏が解説しているのでそれを参照されたい[3]。

カラー空中写真は，その頒布を担当している（財）日本地図センターの資料によると，1975年度18万枚，76年度24万枚ぐらいが利用されているが，国や地方の公共機関，測量会社等の他，大学その他の研究機関，企業等の利用もかなり多い。

3）五条英司（1975）：カラー空中写真の整備とその判読利用について，地学雑誌，84(6)，55-60.

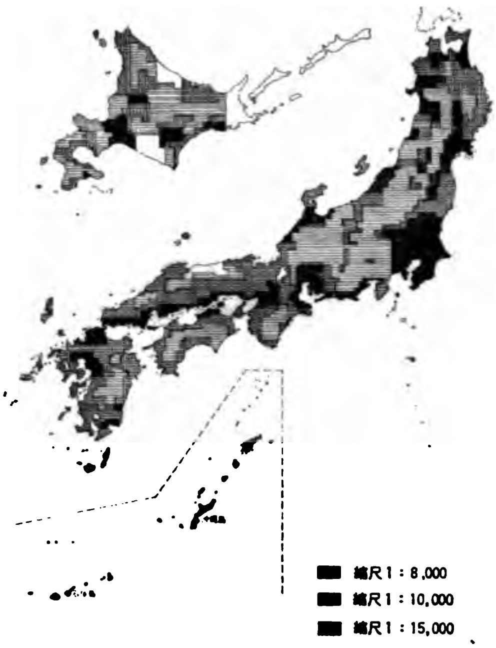


図1　縮尺別カラー空中写真撮影区域図

これらのカラー空中写真が，比較的大縮尺で撮影され，かつスライド用などまで整備されたのは，地域計画の担当者など比較的空中写真判読に不慣れな者にも，十分使えるように配慮したためである。

IV. 2万5000分の1地形図の完成と2万5000分の1土地利用図の作成

2万5000分の1地形図の作成が開始されたのは，1910年ごろといわれるが，中断した期間等もあり，本格的に着手されたのは1964年ごろからである。64年以降はほぼ計画通りに進捗し，1977年末には全国約4460面の測量をほぼ完了する見通しとなった。これはわが国の100年に近い地形図作成の歴史の中で画期的なことであり，今後は従来の5万分の1の地形図に替わって，2万5000分の1地形図が，全国を統一された図式，精度でカバーするもっとも縮尺の大きい地形図として利用されることになる[4]。

4）5万分の1地形図も，もちろん維持され，刊行される。ただし，5万分の1地形図は，直接の測量によるものではなく，2万5000分の1地形図から編集する方法で作成されている。

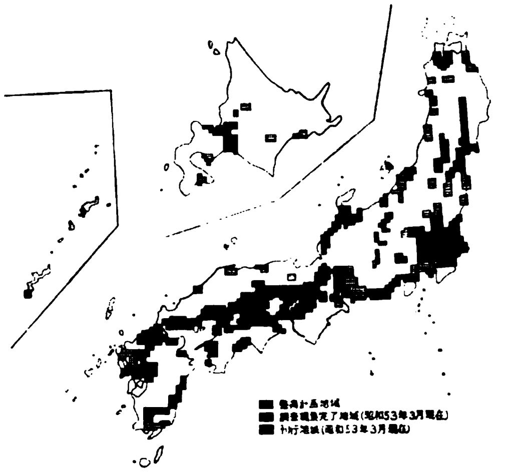


図２　２万５千分の１土地利用図整備計画一覧図

これらの２万5000分の１地形図は，すべて写真測量によるものであり，今後は都市周辺は３年，その他の平野部は５年，山地部は10年を目途とする周期で，修正ないし改測されることとなっている。

また２万5000分の１地形図は，従来の５万分の１地形図同様，多くの主題図の基図として利用されているが，とくに1974年から国土情報整備事業の一環として作成され始めた２万5000分の１土地利用図は，すべてこの新しい２万5000分の１地形図を利用したものである。

２万5000分の１土地利用図は，国土の平地部を中心に約９万 km² (約1,100面) について，1975年から79年にかけて作成されつつあるもので，現在すでに約６万7000km² の調査を完了し，約600面が刊行されている(図２)。

これらの土地利用図の図式をみると，大略次の通りである。

1. 都市・集落
   - a. 住宅地区（一般住宅地区，中高層住宅地区）
   - b. 商業地区（商業地区，業務地区）
   - c. 工業地区
   - d. 公共地区（公共業務地区，文教地区，厚生地区，公園緑地）
   - e. 施設（運動競技施設，運輸流通施設，供給処理施設，防衛施設）
   - f. 工事中の区域
2. 農地
   - a. 田
   - b. 畑（普通畑，果樹園，桑畑，茶畑，その他の樹木畑）
   - c. 施設（牧場および牧草地，畜舎，温室）
3. 林地
   - a. 針葉樹林（人工林，天然林）
   - b. 広葉樹林
   - c. 混交樹林
   - d. 竹林
   - e. しゅろ科樹林
   - f. はい松地
   - g. しの地
   - h. 荒地（野草地・裸地）
4. 界線
   - a. 特定地区界（立入禁止地区，専用地区等の界線）
5. その他

   道路，鉄道，建物区分など２万5000分の１地形図に示されている施設配置，土地利用区分などはすべてそのまま採用する。

これらの土地利用区分をみると，1）都市地域等を中心に，景観的な土地利用よりも機能的，用途的土地利用を重視していること，2）できる限り２万5000分の１地形図の図式記号を利用していることなどが特徴である。

これらの土地利用図作成の狙いは，1974年に制定された国土利用計画法などに基づく，新しい全国の土地利用計画を作成するための基礎資料とすることである。しかしこれらの土地利用図が，前記のカラー空中写真と同様に，地理調査一般に広く利用できることは言うまでもない。

V. 国土情報の数値化

国土に関する情報は，地図，空中写真，統計などの形式で蓄積されるが，これらの情報を地域計画等の分野で活用する場合には，従来は多数の地図や統計資料を見較べて解析，判断することを余儀なくされてきた。

これらの解析，判断を効率的にすすめるための一手段として，地図にメッシュ（縦横などの網目）

表1 数値情報の種類

項目		内容	計測法	原資料	データ量
地形	標高	各3次メッシュの縦横4等分する方眼の16個の格子点での標高値	基準区画法	地形図	5.9×10⁶件
	山岳標高	山頂の標高値	／	〃	1.6×10⁴件
	平均標高	各3次メッシュの平均標高値（各3次メッシュ内の標高計測点の標高値の平均値）	／	標高データ	3.9×10⁵件
	最高標高	各3次メッシュの最高標高値（各3次メッシュ内の標高計測点及び山頂の標高値の最大のもの）	／	標高，山岳標高データ	〃
	最低標高	各3次メッシュの最低標高値（各3次メッシュ内の標高計測点の標高値の最小のもの）	／	標高データ	〃
	起伏量	各3次メッシュの起伏量（各3次メッシュの最高標高と最低標高の差）	／	最高標高，最低標高データ	〃
	傾斜量	各3次メッシュの最大・最小傾斜方向（8方向表示）と傾斜度。（各3次メッシュ内の16点の傾斜量を，各点とその周囲の標高値から計算し，最大・最小のものを選ぶ）	／	標高データ	〃
	谷密度	各3次メッシュの谷密度。（2倍統合メッシュの区画線を切る谷線の個数）	基準区画法	20万分の1土地分類図(国土庁)	3.8×10⁵件
表層地質等	表層地質	各3次メッシュの岩石区分(40分類)，硬さ，地質時代，断層有無	〃	20万分の1土地分類図(国土庁)但，北海道は50万分の1	〃
	地形分類	各3次メッシュの地形分類（24分類）	〃	〃	〃
	土壌	各3次メッシュの土壌分類（49分類）	〃	〃	〃
地盤沈下	水準点	国及び地方公共水準点の位置座標及び地盤高。地盤高は，国の分は最近1回分，地方公共の分は，最近5回分	座標測定法その他	国土地理院及び地方公共機関の水準成果及び水準点配点図	3.0×10⁴件
湖沼	湖沼	短辺100m以上の湖沼(貯水池を含む)水涯線の位置座標	座標測定法	地形図	3.3×10⁵点
	湖沼面積	各3次メッシュ内の各湖沼の面積	／	湖沼データ	2.4×10⁴件
海岸線	海岸線	海岸線の位置座標。（市区町村別，管理者別，海岸区分別）	座標測定法	地形図 空中写真	4.6×10⁵点
	海岸線延長	各3次メッシュ内の海岸線の市区町村別，管理者別，海岸区分別延長	／	海岸線データ	4.0×10⁴件
行政界	行政界	市区町村の境界線の位置座標。	座標測定法	地形図，官報	9.6×10⁵点
	市区町村面積	各3次メッシュ内の各市区町村の面積	／	行政界データ	3.9×10⁵件

項目		内容	計測法	原資料	データ量
地域区分	開発振興指定区域	首都圏，中部圏，近畿圏，過疎地域，工業再配置誘導地域，新産業都市，工業整備特別地域，低開発地域，工業開発地区，豪雪地帯，特殊土壌地帯，台風常襲地帯，振興山村，離島振興地域，農業振興地域，地方生活圏，広域市町村圏の各指定について，各3次メッシュ毎の指定有無	基準区画法 行政区画法 座標測定法	現行法令輯覧， 首都圏計画図等 5万分の1土地利用基本計画図 その他	5.3×10⁵件
	都市計画指定区域	各3次メッシュ内の，都市計画区域，市街化区域，及び市街化調整区域面積	座標測定法	5万分の1土地利用基本計画図	1.0×10⁵件
	自然環境保全区域	首都圏・中部圏・近畿圏の保全区域，国立公園，国定公園，都道府県立自然公園，原生自然環境保全区域，自然環境保全区域の各指定について，各3次メッシュ毎の指定有無	基準区画法 座標測定法	首都圏計画図等， 5万分の1土地利用基本計画図 その他	8.7×10⁴件
	文化財	史跡，名勝，天然記念物，及び埋蔵文化財の散布度	座標測定法	全国遺跡地図 (文化庁)	4.9×10⁴件
土地利用	土地利用	各3次メッシュの土地利用（15分類）の面積。	自動色彩判別法	地形図，土地利用図，空中写真	3.9×10⁵件

注 1．国土庁資料（国土情報整備事業のあらまし，1977．6.25）による。

注 2．この表でいう3次メッシュとは，本文の基準メッシュ（緯度30秒×経度45秒）のことである。

をかけ，各メッシュごとのデータを数値化してゆく手法が，電子計算機などの力をかりて最近急速に普及しつつある。すなわち，基準メッシュをきめ，地図や統計などのデータを，基準メッシュごとに磁気テープ等に格納しておけば，各データの組み合せ（たとえば地形分類区ごとの土地利用，人口密度など）も含めて随時引き出すことができ，地域計画等のための地域解析作業が，短時間で合理的にすすめられるからである。

基準メッシュ等を用いて，地図に表示されたデータを数値化し，磁気テープに格納してゆく作業は，1975年ごろから国土地理院でかなり大規模にすすめられているので，以下その概要を紹介しておく。

この作業で用いられている基準メッシュは，2万5000分の1地形図を縦横10等分したメッシュ（緯度30秒・経度45秒の区画，ほぼ1 km²）である。各メッシュの地球上での位置（経緯度）は，20万分の1地勢図の区画を示すコード（4桁），2万5000分の1地形図の区画を示すコード（2桁），さらに基準メッシュの区画を示すコード（2桁）と続くので，8桁の数字で示される。

現在までにこれらの基準メッシュごとに磁気テープに格納された地図からの数値情報は，標高，起伏量，地形分類，土地利用分類など20項目以上にわたる（表1）。一方また総理府統計局では，国勢調査の各調査区ごとの人口数などをこの基準メッシュに組みかえて，磁気テープに納める作業をすすめており，すでに1970年の国勢調査のデータについては全国の作業を終り，現在は75年のデータについて作業をすすめている。

統計のデータを基準メッシュごとのデータに組みかえてゆくには，一度地図上に表示する必要があろう。また地図の情報を基準メッシュごとのデータとして数値化，記号化してゆく場合には，メッシュの中の代表値をとるとか，構成比を読むとかなどいろいろの方法があろう。本稿はそれらの技術的検討を報告することが目的ではないが，表1の理解を助けるため，現在国土地理院ですすめている地図情報の数値化の手法について簡単に説明しておく。

地図情報の数値化の形式ないし手法は，大別し

4通りに分けられる。これらを仮りに 1)画法, 2) 行政区画法, 3) 座標測定法, 4)彩判別法とよぶこととする。

基準区画法とは，地図に基準メッシュをか各メッシュごとに，調査対象項目についの内容を数値化，記号化してゆくことでの方法は，もっとも基本となる方法で，地，表層地質，土じょうなど多くの情報がこにより処理されている。

行政区画法とは，市町村単位ないしその集示する区域（たとえば新産業都市建設計画区域など）の表示法で，市町村コードや行置データなどにより対象地域を表示する。町村の範囲と，基準メッシュあるいはそれしたメッシュごとのデータとの対応や相互可能にするシステムも検討中である。

座標測定法とは，基準区画法だけでは表現分なもの（行政界，道路，河川など）につ地図に画かれている図形の座標数値を細かさせてゆく方法である。記憶された座標数メッシュごとに変換することもできるし，形として再現することもできる。読みとり子式座標読みとり装置を用いる。

自動色彩判別法とは，画像解析デジタイジ置（仮称，写真1）等を用いて，彩色した:とえば土地利用図）などの各色別の面積，などを自動的に読みとる方法で，読みとりは，基準メッシュはもとより，行政区域そ定した区画について表示できる。画像解析イジング装置とは，細かい方眼点により，の色彩を三色分解して電気信号に変換して



写真 1 画像解析デジタイジング装置

読みとり，各色別のドット数を電子計算機に計算させてゆく装置である。

VI. 新しい国土情報の地域計画への利用

始めにも述べたように，わが国で最初のナショナルアトラス，全国のカラー空中写真および2万5000分の1地形図，全国平野部の2万5000分の1土地利用図などが，ほぼ時期を同じくして揃えられたのは，わが国にとって最初の体験である。

これらの地図等を整備し，かつこれらの地図等の情報を数値化してゆく事業の最大の狙いは，国土計画，地域計画，都市計画等を通じて，よりよい明日の国土を建設し，保全してゆこうとすることにある。もちろんこれらの地図や空中写真等は，すでにその一部について五条英司氏の報告（前出）があるように，地図，写真等のもつ本来の性質から考えて，地理的な調査一般をはじめ広い分野で活用し得ることは言うまでもない。またこの意味でいえば，作成者がユーザーや利用分野を特定することは不見識であるかも知れない。

ここでは，とりあえずこれらの地図，空中写真を地域計画に如何に活用してゆくかに限定して，若干私見を述べてみたい。

ナショナルアトラスは，そのスケール（主図は250万分の1，400万分の1）から考えて，いわばマクロの国土情報である。これらに対して地形図，土地利用図(いづれも2万5000分の1)，カラー空中写真（8000分の1～1万5000分の1）などはミクロな国土情報といえるであろう。数値情報は，基準メッシュ（約1 km²）を単位として考えれば両者の中間に位置するものといえるかも知れない。

マクロの情報についてまず概略を知り，逐次ミクロの情報を用いて検討をすすめることは，一般の地理研究の手法であるが，地域計画の場合も同様である。ナショナルアトラスを眺めて全国ないし各地方の大勢を知り，やや細部については数値情報を用いて所要のデータをひき出し，さらに具体的なレイアウトなどにはカラー空中写真や地形図，土地利用図を用いて地域計画をすすめることになろう。

現在筑波山の南部に建設されつつある研究学園

都市新設のような計画を例にとって考えてみよう。

新都市の性格にもよるが，たとえば人口20万の学園中心の都市で，1）約2500ha の用地を必要とし，2）災害に対して安全でありかつ環境が静かなこと，3）既成の大都市から50～100km ぐらいの距離にあること，4）地価が安いこと，5）既存の幹線交通網になるべく接近していること，6）用排水の条件に困難さの少ないことなどが条件であると仮定する。

これらの 1）から 6）までの条件は，まずナショナルアトラスのいくつかの地図を対比検討することによって，かなりの程度まで明らかにされ，従ってさらに詳細に検討すべき候補地を限定することができる。すなわち 1）～3）の条件については，ナショナルアトラスに集録されている一般図（全国図および地方図）の他，地形分類図，土地利用図，人口分布図，各種の災害図などについて検討すればよいであろう。また 4）の条件については土地価格図，5）の条件については交通網他交通関係の各図が，6）の条件については水系図，地下水図など水文関係の各図が利用できよう。さらにまた新たに大規模な開発をすすめるとすれば，重要な史蹟や文化財の分布の多い所をさけ，国立公園等の開発規制の多い所をさけるなどの配慮も重要であろう。これらの点の検討には，アトラスのなかの史跡，名勝，天然記念物分布図，自然公園図などが役立つであろう。

アトラスでの検討の結果選ばれたいくつかの候補地については，さらに磁気テープに納められた数値情報を用いて，基準メッシュ（約1 km²）ごとのデータなどについて検索してゆけばよい。この場合磁気テープは，地形分類，起伏量，表層地質，開発制限の条件（各種の地域指定など），土地利用，地価，人口密度などの個々の条件を，数表や再現された画像で教えてくれるだけでなく，これらの条件の組み合せの結果も教えてくれるであろう。たとえば，土地利用区あるいは地形分類区ごとの人口密度，土地利用と地価との関係などの情報は，基準メッシュ単位であれば容易に計算機がその答を出してくれるであろう。これらの磁気テープ等を使っての検討により，候補地はさらにしぼられて，2～3ぐらいになろう。

2～3ぐらいにしぼられた候補地についさらに細部の調査をすすめ，具体的な計画のウトを試みる場合には，カラー空中写真，5000分の1地形図および土地利用図を用いい。さらに2万5000分の1の土地条件図[5]地域ではこれを併用すべきであろう。

カラー空中写真は，白黒空中写真同様，らいまでの引き伸ばしには十分耐える。平の8000分の1～1万分の1の空中写真なら住宅などは十分識別できるし，引き伸ばしなら自動車の交通量や車種の推定までも可る。森林や農地の樹種，作物等の画像も，写真は白黒写真に較べてはるかに識別しやまた最近では，オーバーヘッドプロジェクにより，連続する2枚の空中写真の重複部像として投影し，簡易な眼鏡を用いて投影体視する方法などもあり，多数の地域計画の者が，実体像を眺めて計画について討議すも可能になっている。

地域計画は，対象地域の性格や大小にもが，そのマスタープラン（根幹計画）を展ゆくには，2万5000分の1前後の地形図がれる。また細部の計画には5000分の1以上1の1ぐらいのスケールの地形図が使われる多い。上記のカラー空中写真は，1000分2500分の1ぐらいの地形図の図化にも適切ールなので，この分野での利用価値も大きいろう。

VII. むすび

国土の情報を伝える多数の基礎資料がれ，数値情報処理等の手法も実用化してき今後の課題として考えられる二，三の点に私見をのべ，むすびにかえたい。

第一は，これらの国土情報の維持，更新の問題である。追加すべき基礎資料として多くあろうが，資料が多くなれば，維持，

5) 2万5000分の1土地条件図は，東京その周辺，利根川下流，仙台，三河・伊勢湾西部，京阪神・播磨，岡山，どについて，国土地理院から刊行さる。

経費を要するだけでなく，地域計画のための解析処理の手続きも複雑になることも考慮に入れなければならない。国土計画，地域計画という観点からみて，今後追加すべき大きな項目としては，海洋とくに沿岸海域の項目があろう。これらについては海上保安庁水路部，国土地理院などで海底地形図，沿岸海域土地条件図などが作成されつつあり，これらの整備がすすめばまた数値情報として蓄積されてゆくことになろう。維持，更新の周期は，国土地理院の２万5000分の１地形図では，都市周辺は３年，平地部は５年，山地部は10年を目途としている。またナショナルアトラスは，主要な統計図等一部については５年周期，全体の改訂版は10年周期を目途としている。また国勢調査等に代表される全国統一的な統計は，５年周期のものが多い。数値情報として磁気テープに格納されるデータは，これらの基礎資料の周期に合わせることになろうが，これらの国土情報に関する基礎的な資料の改訂の周期は，できれば５年程度を目途にして統一することが望ましく，これも今後の大きな検討課題であろう。

第二には，地図情報が基準メッシュ等を基にしてかなり数値化されつつあるのに対し，人口，産業，経済等の統計情報の数値化が遅れていることである。これは調査区ないし調査対象ごとのデータを一度地図にプロットして，基準メッシュごとに再集計するなどの手順が要るのでおくれているのであろう。しかし，地域計画の分野で，メッシュ的情報処理を導入したもっとも大きな狙いは，地図情報と統計情報とを同一の表示単位で，数量的に対比，検討することにある訳で，この意味からも，今後これらの統計による国土情報の，基準メッシュ等による整理をいそぐべきであろう。

第三には，これらの地図，空中写真，統計，および数値情報等を，一元的に管理，サービスし，かつユーザーの求めに応じて加工処理等もすすめ得る国土情報のセンターを整備する必要があろう。センターの性格，機能等については検討すべき問題も多いと思うが，電算機のオンラインシステムやテレックス等の普及している今日であるから，関係官公庁や主要民間機関等の連けいを緊密なものとしてゆくことが大切であろう。

(1978年１月11日受理)

ラ オ ス 紀 行

薩 摩 晃*

The Impression of New Laos

Akira SATSUMA

I. はじめに

昭和52年12月2日の読売新聞に,「革命ラオス陣痛続く—きょう2周年」と題して,最近のラオスについて,次のように報道されていた。いわく"革命の陣痛はまだまだ続いており,特に,今年,中,南部を襲った干ばつは,この小さな社会主義農業国に打撃を与えており‥‥,米は干ばつ,虫害などのために37万トン減収との予想‥‥,日本など各国に緊急食糧援助の要請を行った。ビエンチャンは一段とよろい戸を閉ざした町になって,逃げ出す市民が跡を絶たず‥‥,公定で1ドル200キップがヤミでは約2,000キップ。街で最もめだつのはソ連の一段の進出だが,日本への期待も増しているようだ"云々。

これでは丁度1年前,昭和51年11月19日から12月22日まで,筆者が滞在していたラオスとほとんど変わりがない。それなら,ここに当時の調査行を思い起こしつつ,日本人のあまり知らない革命後のラオスについて記すことにしよう。

その前に,最近20年間の激動のラオス史を簡単に述べることが,読者にとって便利であろう。

昭和29年(1954),フランスの支配を脱したラオスも,その後の歩みは決して平坦なものではなかった。昭和33年(1958),パテト・ラオ軍,政府中立派軍,右派軍閥間に内戦が始まり,さらにヴェトナム戦争に捲きこまれて,米空軍の猛烈な爆撃を受けた。落とされた爆弾の量は300万トンに及ぶと云われる。ラオス国民の1人当りにして1トンである。そして米軍のインドシナ半島からの全面撤退,パテト・ラオの勝利,誠に凄まじい

で,それが終ったばかりの現在なのである。

II. 国連の技術協力

経済的自立達成のために,ラオス人民
共和国は,ビエンチャン平野の総合開発に
技術協力をアジア開発銀行に申し入れ,昭
8月には実現することになっていた。

この計画は新政府によって大幅な変更が
れ,昭和51年3月に新しい合意が得られた。
の財団法人国際開発センターはこの委託を
数ケ国よりなるチームがセンターにより
れ,一行は同年10月8日より12月27日にか
エンチャンを訪れた。

技術協力の当面の分野は,農業計画,農
計画,輸送道路計画,工業計画の4本を
て,この中の工業計画は,さらにセメント
板,紙パルプ,砂糖等にわかれ,筆者の担
鉱業部門は,石灰岩,石炭,ポタッシュ,
開発計画であった。

調査地域は上述の如くビエンチャン平野
周辺に限られているが,理由は革命成功後
が浅く,奥地は治安に問題があることと,
情の不備によるものらしかった。ちなみに,
スには鉄道が1mもなく,国内交通は全て
と自動車,それに河川利用の若干の船便が
けである。

筆者は与えられた4つの鉱種を現地で検
フェロシリコン用の珪石は,当面実際的で
判断して調査計画から除外した。

III. ラオスの国情

ラオスは面積約237,000平方粁,人口は35

* 深海底鉱物資源開発協会(住友金属鉱山株式会社より出向中)



第1図　ラオスの位置図

と云われている。つまり，日本の本州位の面積に，京都市の人口をばらまいた位の小国で，タイ，カンボジヤ，ヴェトナム，中国，ビルマに囲まれた完全な内陸国である。気候は6～10月が雨期，11月～5月が乾期，3～6月はかなり暑い日が続くが，それ以外は快適である。年間降雨量1,700mm の90%は雨期に集中する。

冒頭で述べた如く，革命2周年を迎えたばかりの国情故，政治，経済，教育等について記すことは困難であり，ここに昭和51年（1976）の対外貿易を示せば次の通りである(政府発表による)。

下表で明らかなように，ラオスは農林業国であり，工業としてはほとんど見るべきものがない。精々小規模の煙草工場，製材・家具工場がある程度である。その農林産業，なかんづく米さえも，全国民を養うに至っていない。

今回，筆者らのラオスに対する技術協力に対し，まず水田灌漑設備の改善拡大を筆頭とし，その他は，これに役立つもの（セメント，電化計画等）と云う方針をラオス政府が打ち出したのも，誠に当然であった。

IV．地質と鉱床

ラオスの地質・鉱床は，現在調査中であって概略しか明らかになっていない。D. R. WORKMAN による「ラオス，カンボジヤ，南ヴェトナムおよび東部タイの地質(1972)」が最もよくまとまっているので，以下にこれに沿って概略を記す。

先カンブリア紀の岩石としては，片麻岩と結晶片岩より成る高度変成岩が，ラオスとヴェトナムの国境沿いにほぼ北西―南東方向に配列している。これらの中でやや変成度の低いものは，下部古生代の可能性もある。

ラオスで最も古い化石を含む地層はオルドビス紀であり，その上に来るシルル，デボン紀とのあいだに構造的間隙はない。頁岩，千枚岩，片岩，砂岩，石灰岩等より成る。上部古生層はデボン中期に始まる広範な沈降によって広く堆積している。しかし先カンブリア紀の分布地域は広範な海進から島として残されたもののようである。

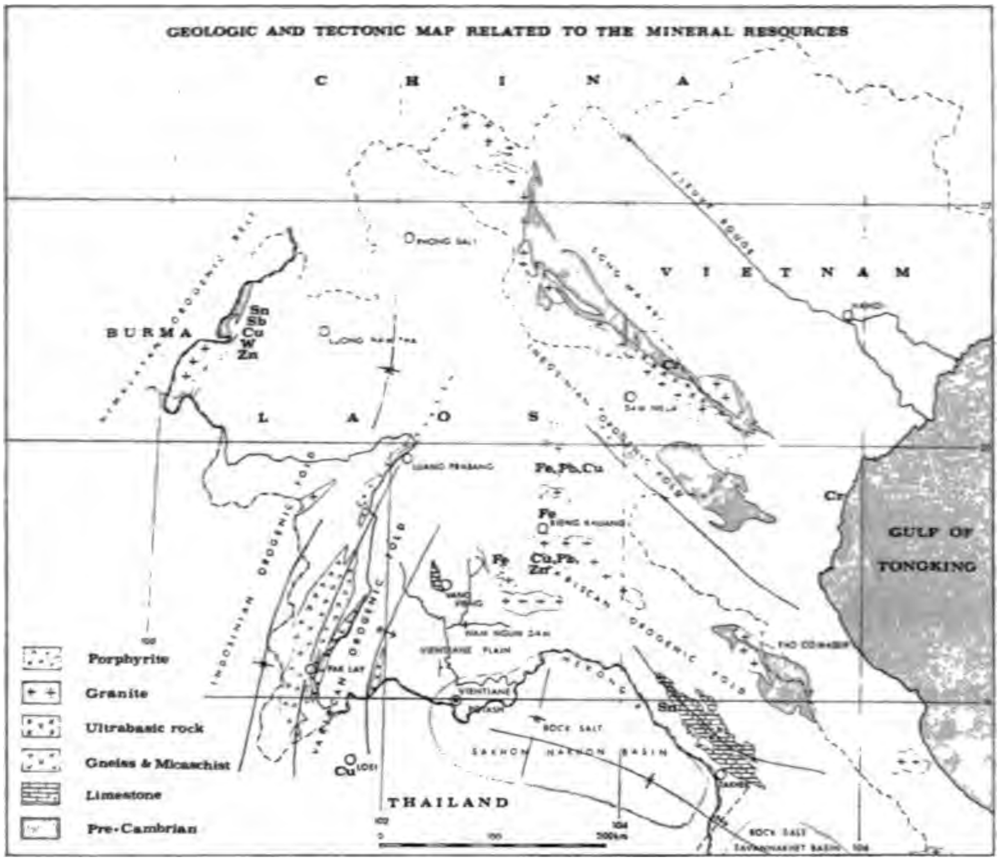
以後次の3回にわたる造山運動で，ラオスは徐々に陸化していった。

(1) バリスカン造山運動‥‥石炭紀中期の造山

輸出	
木材	1,094
ベニア板	53
家具	944
錫	1,250(300トン)
コーヒー	4,107(3,200トン)
電力	1,792(171GWH)
その他	201
合計	9,441

輸入	
米	7,962(43,800トン)
砂糖	956
石けん	824
練乳	595
工業機材	287
鶏飼料	279
自動車部品	144
その他	660
合計	11,707

(単位　1,000米ドル)



第２図 ラオスの地質鉱床図[1)]

運動と，これに伴う褶曲によりラオスの東北，中部の大部分が陸化した。二畳紀の海進により広く堆積した石灰岩は，今後ラオスにとって重要な地下資源となろう。

(2) インドシナ造山運動ⅠおよびⅡ‥‥三畳紀に２回起ったインドシナ造山運動によって，ラオスはほとんど陸化した。

以上の造山運動は，ラオス東部では北西—南東の方向をとり，西部では北々東—南々西の方向をとっているため，ビエンチャン北方のシエンクアン地域に両者が集まっている。この二つの造山帯にはさまれたビエンチャン平野から，タイのコラート高原にかけて，白亜紀の内海が広がり，ここにエバポライト（蒸発残留岩）が厚く堆積し，ラオスとして最も重要な地下資源と目されている。第三紀以後の堆積はほとんど見られない。

地下資源についても，従来，錫以外は生産がなく，すべて今後の調査にかかっている。

錫の生産は戦前の昭和12年（1937）当時2,000トンを越えていたが，その後次第に減少し，昭和40年（1965）頃で約600～700トン，最近（1976）は300トン程度である。しかし，こうした減少は，鉱量の涸渇と云うより十分な計画のないままに生産し，これに最近の動乱騒ぎが加わったためと見なしてよい。

V. 調 査 行

調査行と云っても，わずか１ケ月の滞在である。それも十分な資料がなく，地域もビエンチャン周

1) この図面は主としてベトナム国立地理局の発行による1/50万地質図（1963年）を基に作製した。

られている。
て，ジープを駆ってざっと見たという以上ではない。その代り，ラオスの現況をそれ生々しくとらえることができたと思われの生々しい印象をできるだけそのままに，記そう。

バン・クーン (Ban Keun) 行

:ンチャンの北方，約40km にバン・クーン小さい町がある。その辺で井戸水から食塩ているし，もう少し北へ行けば日本人が建ナン・グム (Nam Ngum) ダムがあるからしょう」と云う。
の所，私はエバポライトや岩塩と云った鉱鉱に経験がない。ビエンチャン平野の下っかりした岩塩層があり，特にその上部はシュ[1]に富んでいて，ラオスの地下資源の屈指の有望鉱床だとの評判が高いのであ

・クーンのものはどうも普通の食塩だけタッシュは含まれていない模様であるが，く参考になるので喜んで出発した。途中ン・タ・ゴン (Ban Tha Ngon) の渡しを川幅は100m 程で大したことはないが，つろのろ渡しで，待ち合わせに暇がかかる。:所には必ず朝市の立つ広い小屋掛けと，あって，将に大井川渡しの宿場もかくやあいった景色である。幸いこの時は大して待せず，再び赤土の道を北上する。両側にあり，木材が豊富なためか，木口の立派ちこち目についた。製材所も見受けたがている。内戦の余波で，地方の小企業はしたままのものが多いとは後から聞いしの傷跡は想像以上に深いのかも知れぬ。:してもラオスの田舎は不思議な雰囲気をいる。内陸で，電燈もなく，道路もひどと云った産業もない。そのくせ，貧しさじさせない。家は粗末でもきれいに暮している。着ているものは上等ではないが清潔である。人々はこせこせせず，豊かな顔つきをしている。

夕方，バン・クーン着。ここではポンプ4台で，一日3トンの水から240kg の粗塩を生産している。塩井の深さは74m。ただし，年中ではないらしく，乾期の始まった今は，水が薄くて駄目なのだそうだ。乾期や雨期の影響が水に現れて来るには2ケ月のずれがあると云う。井戸の水を採取したり，かまどの粗塩を見たりして町に戻ると，今夜は村の農業祭だ，お前さん方外国人も特別招待してやる，と云うわけで，日暮近い村の広場に案内された。ベンチを並べ，赤，青の飾りランプを発電機で灯し，拡声機の準備もできて，やがて挨拶が始まる。云っている言葉は全く分らないが，村役，顔役，肝入どんの豊作を祝う言葉であろう。ビエンチャンでも，その後，こうした農業祭に呼ばれたが，その方は多分に共産国家の労働祭と云った風で，多数の功労者の名前を呼び上げては，記念品を渡していた。

バン・クーンの祭は，この点日本の秋祭に近い。やがて挨拶も終ってテーブルが程よく並べられると，次々とラオス料理が運びこまれる。ラオス料理，それはもち米をふかして籠に盛り，手づかみでたべる。おかずは，野菜，牛肉，鶏肉等に様々な香料を入れて煮たり，焼いたりしたもの。どれも中皿に盛ってずらりと並べ，中国式にてんで勝手にたべる。ラオスの人達は，ほとんど酒を飲まず，私達外国人にだけ焼酒瓶やらウィスキーのボトルがまわって来た。

食事が終ると，さっさとテーブルを片づけて，その後は盆踊り。輪になって踊るわけで，それなら簡単だから見よう見まねで私も仲間に入った。明るい輪の中央を囲んでぐるぐる廻る中に，気がついたら，いつ集まったのか周囲はびっしり観衆の顔が，暗い背景の前に浮かんでいた。

ラオス人も日本人も，源をただせば揚子江の南あたりがご先祖様の土地ではないか。そして，遠い昔，盆踊りを踊りながら，東と南西に別れて行ったのではないか。

バン・クーンにはホテルがないので，有力者の家に泊る。二階のテラスにむしろを敷いて毛布を

りの鉱物資源に対して，"ポタッシュ"は通に使用される名前である。しかしポタシュ (KOH) は，自然に産する物質ではな一次カリ鉱物（主として塩化物のシルヴイト）から作られるものであって，鉱物学には正確さを欠いた通称である。



写真 1　ナン・グムの人造湖

並べ，屋根はあるから野宿よりましだが，しのびよる夜の冷気に，作業衣も靴も脱がず，丸くなって眠りについた。

翌日，近くのバン・ボー (Ban Bo) 村へ行き，ここでも塩井を見る。塩水の乾燥炉がみな崩れているので聞いてみたら，雨期の洪水でやられたのだそうな。

ナン・グム・ダムの広い人造湖と，ダムを眺めて帰途につく。この湖水の中に残った島に，ビエンチャン市のいかがわしき女と，ごろつきの男を別々に分けて強制収容し，更生学習させている由。脱出を図って撃たれた男もいるとのことであった。

2.　バン・ビエン (Vang Vieng) 行

「バン・ビエン地方に石灰岩が沢山ある。だからあの辺にセメント工場を建てたい。一つ石灰岩を調べてくれ」このような要請で，11月下旬，二台の車でビエンチャンを出発した。バン・ビエンは，ビエンチャンから国道13号沿いに160km，直距なら105km，ビエンチャン平野を外れて，峠一つ越えた盆地にある地方都市である。

ビエンチャンを走り出した車は，空港手前の朝市へ入りこんでしまった。ここで朝食にすると云う。ビエンチャンの朝市，庶民の生活がこれ程むんむんする所はない。日本で云えば，さしずめスーパー・マーケットに当ろうが，売っている食料品は，ずっと自然に近いものばかりである。穀物，泥のついた野菜，里芋をゆでて茎に三つ四つ通したもの，そんなものまで売っている。各種香料，果物，衣類，雑貨も勿論売っているし，食事もできる。私はここで，もち米飯と野菜，肉のごたごた煮を朝食とした。

国道13号線は広くてよくならされているが，舗装されているのはごく一部分なので，大変な埃で



写真 2　ビエチャンの朝市

ある。暑いから窓を全開していると，対向車がすれ違いざま，車内はもうもうとして息もつけない。えらい旅になって来た。ビエンチャン平野は平坦な良い平野であるが，乾期でカラカラになっており，荒蕪地がめだつ。これを水利灌漑によって田圃にしようと云うのだろう。

ビエンチャンから2時間程で，いよいよ峠にかかる。埃はひどくても道路は予想外によくて，12時半にバン・ビエン着。

バン・ビエンより60km 程手前，峠を登り切ってしばらく行ったあたりに，バン・ヒン・フープ (Ban Hin Heup) と云う小さい村があって，この村以南と以北で風俗が大分違うらしい。「東南アジアの少数民族」(岩田慶治) によると，この村以北が嫁入り婚地域，以南が婿入り婚地域なのだそうである。このようにインドシナ半島は多数民族が割拠して，民族学，文化人類学に恰好のフィールドを与えていると云われる。

バン・ビエンはしっとりとした山間盆地の中心地で，周囲は一見して石灰岩山塊と分かる奇峯で囲まれている。これならセメント工業の一大中心地になるかも知れない。石灰岩の埋蔵量数100億トンと云われているが，まず問題のない数字であ



写真3　バン・ビエンの石灰岩の奇峯



写真4　村のカヌーで石灰岩調査に行く

ろう。

明日はビエンチャンに戻らなくてはならない忙しい旅なので，一服する間もなく，国道に近い最も便利そうな石灰岩峯バン・カマク (Ban Khamak) の調査に赴いた。革命以前からラオスに根を下し，現在も煙草工場を経営している華僑財閥レン氏も，ここの石灰岩を採掘してセメント工場を建設する計画を持ち，広い工場敷地を設定している。この予定地を見た後，村の船でリク川を渡り対岸に迫る石灰岩山の山腹をよじ登って試料を採取する。十分良質と思われた。何も問題のない所であるが，リク川が雨期にかなり水量が増して氾濫すると云う話が気になる。

山間盆地は日が暮れるとやや肌寒い位なのに，調査が終って村に帰って来ると，風呂もシャワーもないから，裏の川へ水浴に行こうと云う。さすがにこれを辞して，郡長さんの家に泊めて貰うことにしたが，今度は，ベッドが一つしかないと云う。大男のフランス人にベッドを譲って，先日のバン・クーン行きの如く，床に毛布を敷いて就寝した。郡長さんの家には，守備隊も1ケ小隊程駐屯していた。

翌日はセメント生産に必要なラテライトや粘土を調査し，さらにナム・リク (Nam Lik) で石炭の調査をする。露頭だけ石炭を採掘した跡が二ケ所で，何れも水没しており見るべきものがない。石炭は広範囲な調査からやり直さなくては駄目だと判断した。

再び砂塵濛々と道を駆ってビエンチャンに戻る。

3. ビエンチャン平野のポタッシュ

ビエンチャン平野の下に岩塩層が分布していることが判明して，米国の技術協力により3本の試錐が実施されたのは昭和49年 (1974) である。この中1本だけがきちんと検討され，97.5m から 110m までポタッシュが把握された。しかし，政治情勢の変化で，米国はラオスから完全に手を引き，他の2本の結果は全く不明である。2年前の試錐現場に行っても何程の成果があるのか疑問だったが，何事も始まりはこうしたものと考えて出掛けた。ただし3ケ所共ビエンチャン市の中心から40km 以内で，道路の側で実施されており，半



写真5　ビエンチャン最大の寺院タットルアン

日でめぐってしまった。結果は予想通り，古い試錐孔を見ただけである。

VI. 後　記

フィールドに慣れた地質専門家はほとんどいない，分析できる実験室も研究所もない，鉱山らしい鉱山もない，そうした新生ラオスに技術協力団の一員として筆者は乗りこんだ。

国づくりに懸命なラオスは，石灰山を採掘し始め，明日にもセメント工場を開き，石炭も掘り出したい期待を持っていた。たった１本のポタッシュ探鉱試錐をベースに，最終生産計画を作ってくれとも依頼された。真剣そのものだった。筆者は驚きもし，呆れもしたが，笑いごととは思えなかった。

ラオスの人達はこうも云った。「今までの外国からの技術援助は，われわれをガイド扱いにするだけだった。ぽんと結論を押しつけるだけだった。日本の皆さんは開発計画を作るに当って，結論だけをぽんと出さず，われわれとも十分に意見を交換して，結論に至る過程をよく説明して欲しい。」意見交換するためには，双方の知識の程度がほぼ等しくなければならない。ラオスがその点で，まだまだ及ばないことをよく自覚していて，筆者が局に説明に行く時は，「今日は地質学のゼミナールである」と待っていてくれたこともあった。

もともと，荒っぽいことを好まぬ温厚な人達である。それが国際情勢の一つの鎖に捲きこまれて，大揺れに揺れてしまった。余震はまだ続くだろう。しかし，日本に対する卒直な期待にはできるだけ答えたい。

ビエンチャン発12月22日夕刻，夕暮に沈むこの歴史ある首都を後にして，筆者はバンコックへ向かった。

主なる文献

D. R. WORKMAN (1972) : Geology of Laos, Cambodia, South Vietnam and the Eastern Part of Thailand, Institute of Geological Sciences, Overseas Division, London.

沢田秀穂 (1972) : メコン河下流流域の鉱産資源①～⑧，地質ニュース．地質調査所.

R. J. HITE (1975) : Preliminary Summary of Results of Potash Exploration, Vientiane Plain, Laos, USGS.

(1978年１月11日受理)

書評と紹介

S. Tsuboi, S. Mizutani, K. Suwa and Y. Tsuzuki: Charts of Plagioclase Optics. (斜長石光学図表), 137 p., Iwanami Shoten, 1977.

坪井誠太郎博士については，いまさら紹介するまでもないことと思う。筆者は学生のころ当時気鋭の教授であった坪井博士から，親しく指導を受けたのであるが，その岩石学の講義の内容は，ほとんどが結晶光学で占められていた。一分の不合理も許さない厳密さは，結晶光学という学問の性格上当然のことであったろうが，一方，異常なまでに情熱をこめたその講義ぶりに，受講者は一様に深い感銘を受けたものである。その情熱は戦後も燃えつづけ，偏光顕微鏡研究会を組織して，日本のメーカーによる優秀な偏光顕微鏡生産の指導に当った。そして，それまで単一の固溶体系列と考えられていた“plagioclase”に，高温型と低温型とがあることが明らかになると，早速両者の光学的識別についての研究論文を発表した。これが本書の発端となっており，それに共著者の水谷伸治郎，諏訪兼位，都築芳郎らの論文や，少し前に発表された C. Burri らの研究結果を総合して，１つの完成した形にまとめられたのが本書である。

本書の主体は137に及ぶ図表であって，26ページの説明文が，和文と英文で併記されている。

図表のグループ１は３図から成り，へき開片の屈折率を分散法により測定するためのものである。n_1 により化学組成を知り，n_2 によりそれが高温型か低温型かを知ることができる。ただし，n_2 の方は An %が０～23の間に限られている。

グループ２は，特殊方向の薄片における消光角による高温型と低温型との識別のためのものである。図(2)－４は，アルバイト式双晶の一方が光軸に垂直である場合，もう一方の双晶片の消光角を測定して識別する方法であって，An %が32～35と70～100の部分を除けば，高温型と低温型とでの角度差が大きいので，極めて有力な識別法である。

グループ３は44図から成り，任意方向の薄片における消光角を，An %別に高温型と低温型とに区別して作図してある。作図は水谷が作成したプログラムにより計算機で行なわれた。三斜晶系における この種の作図は，一つだけでも容易な仕事ではないが，計算機がその困難を解決してくれている。これらの図を充分に利用するには，自在回転台を駆使することが必要であるから，専門家以外には困難であるが，図そのものの美しさを眺めるだけでも楽しい。

グループ４は44図から成り，二組のアルバイト式双晶片の消光角を，An %別に高温型と低温型とに区別して作図してある。これについても，グループ３と同様なことがいえる。

グループ５も44図から成り，任意方向の薄片における二組のアルバイト式双晶片の複屈折を，An %別に高温型と低温型とに区別して作図してある。グループ４の図と，グループ５の図とを組み合わせると，An %と高温・低温型の区別とが既知の場合に，自在回転台を用いずに，その薄片の切断方向を決めることが可能である。

これらの図は，いずれも連続的な固溶体系列を想定して作られたものである。しかし，最近の研究によれば，高温型は単一の固溶体系列であるが，低温型の方はかなり複雑で，かならずしも単一の固溶体系列とはいえないことが判明している。それにもかかわらず，光学的には単一の固溶体系列として扱えるものなのか，その点については，今後の再吟味が必要であろう。その場合にも，この著書に掲げられた多くの図表が，大いに役立つことであろう。（片山信夫）

106

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltprobleme des Rheins. Stuttgart u. Mainz: Verlag W. Kohlhammer, 1976. 258 S. 8 Karten, 45 Abb.

多くの大工業都市を擁し，世界でも代表的な人口集中地域の1つに算えられるライン川流域には，世界の都市化・工業化の顕著な地域にいわば共通する幾多の深刻な環境問題が，土地利用をめぐって生じている。しかもこの地域では，環境問題の多くが，ライン川，あるいはライン河谷の有する地理的性格ゆえに，国内問題として対処し難い内容をもつところに，問題の複雑さがある。すなわちライン川流域は，最上流の Hochrhein から，Ober-, Mittel-, Niederrhein に至るまで多くの国々にまたがり，それ全体として，中央ヨーロッパを貫く最大の交通動脈としての役割を演じている。またライン川そのものは，国際河川として，ライン川流域を支える交通の動脈である他に，沿岸の地域住民への最大の飲料用水源であると同時に，流域からの廃水・下水の排水路でもある。それ故に，ライン川流域，話をもっと限定して，ライン河谷の環境問題に対処するのにすら，多くの学問分野からの周到な研究に加えて，関係諸国を通ずる国際的研究協力と，その上に立った施策を不可欠とする。その意味から，ライン河谷，あるいはライン川流域は，その環境問題を扱う上で極めて困難の多い，しかし同時に研究成果が特に期待される地域であるといえよう。

本書は HANSMEYER 教授を代表者とし，水，大気，生態学，自然保護，交通をはじめ，財政学に至るまで，さまざまな研究分野にわたる，12名より成る環境問題専門家会議の手によってまとめられたラインの環境問題についてのいわば特別鑑定書ともいうべきものである。筆者は HANSMEYER 教授の御好意によって，本書を一読する機会を得たが，その内容に興味を覚えると同時に，他山の石としての本書のもつ意義の大きいことを思い，ここにその大要をかいつまんで紹介する。

本書はこの地域の環境を規定する特性の指摘から始まる。まずこの地域を史的に展望した後に，ライン川の水文的特性，次いで，治水工事・運河化・用水路建設等ライン川に加えられた人工とそれによる生態的結果等について，資料に従って具体的に述べる。続いて，人口集中地域・工業地域の性格，ライン川の船舶の交通・貨物輸送の実態，ライン河谷の陸上交通・パイプライン網等の特性，さらには発電地域として生態等を，何れも詳細な研究資料を踏まえて指摘し，いわゆる多目的地域としての構造を詳論する。この部分だけをとってみても，前記専門家会議のとり組み方の一面が十分うかがわれる。

次はライン川，ライン川流域における環境ポテンシャルと，それが曝されている危険についての指摘である。まずこの川に加えられた人工，航行船舶の増加，流域からの汚染物質の流入，発電所等からの高温水の放流，航行船舶による河水の汚染等に因る環境の変化をおさえる一方では，水中生物・水棲動物等の分布・生態に見られる変化・推移等についても，具体的にデータに基づいての指摘がなされる。続いて，化学工業・精油業・原子力発電・その他の工業，空港・河港，各種採鉱等，各種の土地利用がこの地域に与えた負因を指摘する。さらにこの河谷の部分部分の有する自然度，およびそれに関連して，生態系の構造，国際的，国内的にみて重要な水鳥保護地域としての湿地帯の性情，ならびに週末・休暇の保養地・行楽地の果しつつある役割にも論及する。

考察は次いで河谷の各地域の有する気候特性に及ぶ。ここでは大気の安定度，大気汚染の実態を主対象とし，さらに大規模発電所・工場施設等からの大気中への放熱の影響の程度等をも明示する。次いで，各種交通機関に因る騒音問題をデータに基づいて明らかにする。

次いでライン川の害ねられた環境の回復計画の樹立と，それの実施に際しての問題点の指摘がなされている。この問題を特に複雑化している要因として，ライン川流域が，河水政策を異にする数個の国々にまたがっていることが挙げられる。また西ドイツだけをみても，沿岸地域は機能的には，ライン川をまたぐ方向，つまり東西方向に延びる地域の集合から成ることも，問題を対処しにくいものとしていることが指摘される。したがって，ライン川の害ねられた環境回復にあたっての障害は，国際的な歩調を揃えることの至難さ，ま

た西ドイツの国内的にみても，精々単発的計画の積重ねにとどまらざるを得ないことが指摘される。次いで各国の河水政策の基準の比較が試みられ，さらに国際協力の諸機構の内容と役割が示された後に，ライン川については，清浄な飲料水，十分な工業用水・冷却用水の確保，廃水の排水路としての機能の維持，地域保護，船舶の航行，を如何に並存せしめ得るかに最大の課題を求める。水質の保全については汚染物質毎に対策を示す。またライン川への人工にあたっては，それに先立って，人工がラインの生態系に対して与えるであろう影響，結果を予め十分に検討するとともに，新たな工場の立地，発電所計画等は，立地全体計画の確立を先行条件とすべきことを指摘する。

最後に，ライン川の害なわれた環境回復の目標としての基準条件を具体的に示し，あわせて目標達成に要する経費の試算をも行なっている。

以上が本書の本文の極めてかいつまんだ内容紹介である。観念的，抽象的議論ではなく，すべて学究的姿勢に終始し，またつねに具体的研究データを土台として論述を進めているところに，本書の大きな特色があろう。またそれは環境問題への対処のための基本的態度ともいえよう。

なお巻末には付録として，ドイツ共和国連邦内務省の環境問題専門家会議の制度の公布（1971．12．28）の写しの他に，特殊な術語，略語等の解説，参考文献集，ならびに本文に関連する多数の統計表を収める。また折込みの８葉の多色図（ほとんどが縮尺100万分の１）はいずれも貴重な研究成果と評し得よう。　　　　　　（矢沢大二）

木村敏雄著：日本列島―その形成に至るまで―第一巻，秩父地向斜の時代，昭和52年，古今書院，Ａ５判243頁８表59図版，定価2,600円

著者木村敏雄氏はすでにその道35有余年にわたり構造地質学を研究，数多くの業績を公表し，昭和37年以来小林貞一先生の後をうけつがれ，東京大学理学部において地史学および構造地質学の講義を続けておられる。

小林貞一先生が昭和16年 The Sakawa Orogenic Cycle and its Bearing on the Origin of the Japanese Islands を，昭和23年日本群島地質構造論上巻，中巻前篇を，昭和31年東亜地質上巻を公表されて以後，日本列島の地史ないし地質構造に関する総括的な報告書はいくつか公表されている。

昭和37年春，西ドイツ・ベルリン工科大学の Klaus J. MÜLLER 教授の来日以来，日本各地において，秩父古生層といわれる地層のなかの石灰岩やチャートからコノドントという微化石が相ついで発見され，かなりのコノドントが三畳紀に属することが判明し，日本のコノドントにまつわる論文も150に達しようとしている。

そのような日本の地質学界の趨勢のなかで，木村氏は本書の序文において述べておられるごとく，〝執筆の動機もまさに，とくにコノドントにまつわる三畳紀の事件についての解釈の劇的転換を，わかりやすい形で提出する必要がある〟と考えたからであるといわれている。さらに近年世界的流行としてのプレートテクトニクス説を１億年も２億年も前の，いやもっと古い時代の地質構造形成史にあてはめようとする試みがなされているが，その際，地質学者の立場をはなれて誤った考え方がまかり通っていることに対しても正しい資料提供をしたいと考えられたのである。

本書の特徴は，今までの地質構造形成史がとかく年表的で，事件の羅列におちいりやすかった点に留意され，層序学的立場からだけでなく，地質学全般という広い視野から地史を述べることにつとめている点である。とくに，各章を追って出てくるが，第Ｉ章に〝示準化石と時代，放射性鉱物と年代〟，第Ⅱ章に〝地向斜〟および〝非石灰岩相の地層の褶曲と層序〟，第Ⅲ章に〝オフィオラ

イト"，第IV章に"モラッセとフリッシユ"，"アルコーズ砂岩，グレイワッケ砂岩，正ケイ岩）オーソコーツァイト）"および"チャートの堆積環境"といった地質学概論あるいは岩石学，堆積学であつかうテーマについても，その初歩的なところが詳しく説明されており，木村氏自ら考えておられる日本列島の地質構造形成史をいかに多くの人々に正確に理解させようかと努力されている苦心のあとがうかがえる。

本書では新しい試みとして，表紙裏面を利用し，"シルルージュラ紀前期層の重要地域"，"本文に示した地質図の位置図"および"日本の秩父地向斜時代の地層"を掲載しているが，本文の内容を理解する上で，学生や専門家を問わず重宝である。

従来，この種の本では，先カンブリア時代だとか，古生代あるいは中生代だとかが，大きな章を構成するのであるが，本書では，"約4億年前の日本"とか，"3.5億年ごろから2.5億年ごろ（石炭紀から二畳紀中期）にかけての日本"で表示し，地質時代と絶対年代との相互関係の理解を容易ならしめるように試みられている。以下"章"を追って簡単に述べることとする。

I"章"で"は約4億年前の日本"と題し，8"節"に細分し，"日本のシルル・デボン紀層"を中心に解説し，とくに"黒瀬川・大船渡地帯のシルル・デボン紀層"では，従来黒瀬川構造帯と呼ばれているが，ずっと広い範囲にわたって分布したもので，黒瀬川地帯と呼び，構造帯はこの地帯に断層地塊運動がおこり，できたものと考えている。さらに黒瀬川ー大船渡地帯の先シルル紀の大陸地殻性基盤の存在と，この地帯における先シルルーデボン紀，石炭紀ー二畳紀末期，三畳紀，白亜紀などに時と所を変えて何度も花こう岩マグマの活動があったことを強調している。"飛驒変成岩と造山運動"では，従来の"不安定地帯が一回の造山運動によって大陸地殻を生じ，安定大陸化する"という考えが間違いであると述べて，地域によっては何度も何度もの造山運動を受けることがあると述べ，従来の論争に対して木村氏自らの結論を導き，さらにプレートテクトニクス説のおちいりやすい欠点をも強調している。"日本列島の先シルル紀の基盤岩類"では，カリウムーアルゴン法，ウランー鉛法，ルビジウムーストロンチウム法などによる数多くのデーターを駆使して，飛驒帯の先カンブリア時代基盤岩類の存否について意見を述べるとともに，日本列島内部の先シルル紀基盤についても論じている。さらに飛驒帯と黒瀬川ー大船渡地帯との中間に，部分的大陸地殻はあったらしいと述べている。

黒瀬川ー大船渡地帯に対し，黒瀬川ー大船渡"列島"の考え方を導入し，飛驒"大陸"との間にはさまれた秩父地向斜を，現在の日本海，沖縄トラフとの比較を試みており，きわめて興味深い。

II"章"では"3.5億年ごろから2.5億年ごろ（石炭紀から二畳紀中期）にかけての日本"と題し，日本の石炭紀についてまず分布図および重要地域の層序対比表をかかげ，地史を解説的にのべ，とくに鬼丸統の取扱いについて注目し，日本では鬼丸統からあとの時期の地層を"石炭紀後半の地層"と呼び，それより前の地層を"石炭紀前半の地層"と呼ぶことを提唱している。さらに地史をのべる場合に重要な，いわゆる"地向斜"および地向斜堆積物のでき方，解釈にも歴史的な背景をのべるとともに，プレートテクトニクス説と地向斜堆積物との関係についても詳細に考え方をのべている。日本では現在，日本が占める大部分は，少なくとも石炭紀から以降は地向斜であったと考えられているが，日本の地向斜がいつできたかということについては，まだ確実には言えない。しかし，日本の古生層が古くから秩父古生層と呼ばれ，小林先生は，この地向斜を秩父地向斜と命名され，ずっと遅れて，一部の学者はこれの代わりに本州地向斜の名を提唱したが，秩父古生層と呼ばれたものの中に，コノドント化石の発見により，三畳紀最後期までにおよぶ地層が多量に含まれていることが最近明白になってきたので，秩父地向斜の名の代わりに，本州地向斜の語を用いる妥当性はないことを強調している。

秩父地向斜は飛驒帯南縁部と黒瀬川ー大船渡帯との中間の部分（秩父主部地向斜）と，後者よりも南の部分（秩父東南部地向斜）とに分かれることを強調するとともに，秩父主部地向斜，黒瀬川

一大船渡地帯，秩父東南部地向斜における堆積物の相互関係の実体についても詳しく解説を試みている。

さらに〝石炭紀後半—二畳紀中期の地層〟の節では，南部北上山地，阿武隈山地，西南日本のそれぞれについて論述し，西南日本と東北日本堆積区との比較，さらに秩父主部地向斜と沖縄トラフとの相似性に論及している。

〝非石灰岩相の地層の褶曲と層序〟の節では，層序と地質構造，等斜褶曲と層序，大褶曲と地層の馬てい形分布について啓蒙的に，field survey においておちいりやすい誤りを特記し，日本の中・古生層のように複雑な地質構造のところでは，それに応じた調査法を身につける必要があることを強調している。

さらに〝石炭紀後半—二畳紀の地層と化石帯〟，〝石炭紀後半の日本〟，〝二畳紀前・中期（2.5億年前後）の日本〟，〝二畳紀前・中期の秩父東南部地向斜区〟，〝石炭紀の変成作用，花こう岩活動〟，〝秩父地向斜と東アジア〟の各節をもうけ，秩父地向斜の発生・発展を論説している。

そのなかで，〝中央構造線や領家・三波川変成帯は，日本での非常に重要な構造線，構造帯であるが，秩父地向斜という堆積盆地の区分を考えるとき，その堆積層より古い地層または基盤岩類の分布に着目すべきであって，堆積層より新しい時代に生まれた変成帯を基準にしてはならない〟とのべているが，地史あるいは地質構造発達史を考える上において，きわめて至当な考え方であり，重要である。

Ⅲ〝章〟では〝オフィオライト問題〟と題し，〝オフィオライト〟の節では，かんらん石団塊とオフィオライト，オフィオライトと大洋中央海嶺，オブダクションとオフィオライトについて本来の定義とか意義を明らかにし，〝秩父地向斜の海底火山とオフィオライト〟の節では，みかぶ帯のオフィオライトは日本の諸学者が説えているごとき，大洋地殻性のものではないことを強調している。

Ⅳ〝章〟では〝二畳紀後期から三畳紀—ジュラ紀前期にかけての日本（約2億5千万年前から約1億7千万年前）〟と題して，本書が243頁で構成されるうちの140頁もの部分を占めて論説しているが，序文において述べておられるコノドントにまつわる三畳紀の事件についての解釈の劇的転換をいかにわかりやすい形で表現するかということに苦心をはらわれたかということと，日本の秩父古生層といわれる地層のなかから三畳紀のコノドントが数多く発見された新資料があまりにも膨大であることを証明するものであろう。

本章は〝秩父主部地向斜の二畳紀後期層〟，〝二畳紀と三畳紀との境界の問題〟，〝日本の二畳紀層と三畳紀層との関係〟，〝時代区分と地層区分—日本の三畳紀層に関連して〟，〝秩父地向斜区陸棚相の三畳紀前半層とラディニアン層〟，〝秩父地向斜北西縁の三畳紀後半の陸棚相〟，〝アルコーズ砂岩，グレイワッケ砂岩，正ケイ岩（オーソコーツァイト）〟，〝秩父主部地向斜縁辺部の三畳紀後半層〟，〝チャートの堆積環境〟，〝秩父主部地向斜中央部の三畳紀層〟，〝秩父東南部地向斜区の二畳紀後期・三畳紀の地層〟，〝日本のジュラ紀前半の地層〟，〝二畳紀後期—ジュラ紀前期の深成活動と地殻変動〟の13節と，さらに数多くの項目に細分され，目次だけでも4頁にわたっている。

〝二畳紀と三畳紀との境界の問題〟では，とくにヨーロッパのカレドニア造山運動，バリスカン造山運動，アルプス造山運動の実体を解説し，日本の古生代の造山運動を単純にバリスカン造山運動に対比する説があるがバリスカン造山運動と全く同じ期間に同じような形式の造山運動があったわけではないと強調している。

〝日本の二畳紀層と三畳紀層との関係〟では，小林先生の提唱された秋吉造山運動がいかに重要であるかを述べるとともに，一部に坂州不整合を重視し，本州造山運動を強調ずる向きに対して反論してる。

〝秩父地向斜区陸棚相の三畳紀前半層とラディニアン層〟では，秩父主部地向斜の中軸部は，三畳紀には陸化したために三畳紀層は堆積しなかったという一部の考えに対して，これまでの三畳紀にも秩父地向斜が存在したとする考えに軍配をあげている。

本書では志高層群が上部三畳系であったとしても，木村氏の議論の骨組みに大きな変化はないと

しながらも，夜久野層群に対比し，下部三畳系と考えているが，とくに志高層群から *Rhaeto-Lias flora* の産出を重視し，上部三畳系と考える余地がまだ多分にあると思う。

"秩父地向斜北西縁の三畳紀後半の陸棚相"から"秩父東南部地向斜区の二畳紀後期・三畳紀の地層"までは，近年日本各地の秩父古生層といわれる地層のなかのチャート層から，三畳紀とくに三畳紀中期・後期のコノドントが発見されることから，それらの地域の地質図，断面図，柱状図などを掲載し，層序・岩相・構造などを吟味し，秩父地向斜の発展について，きわめて詳細に論説を試みており，本書では重要な部分である。

本書を通読していえることは，木村氏が，いかに野外地質調査にもとづく事実を重要視して日本列島の地史や地質構造発達史を考究しておられるかということである。学生だけでなく，地質学者や地球物理学者の専門家にも是非とも読んでいただきたいと願うものである。

第2巻では白亜紀までの地史と，古生代・中生代の造山運動について，第3巻では新生代の地史と，日本列島の大陸からの分離と湾曲とについて出版される予定であるが，完成のあかつきには，是非とも英文で出版され，海外の地質学者や地球物理学者にも広く読んでもらいたいと思う。

（神戸信和）

協会記事

日本地学史資料調査委員会（昭和53年

出席者：小林委員長．石山，岡山，後閑
　　土井，湊，今井各委員。

議　事：

1. 坪井先生口述記録は，11月19日（
   協会にて行なわれた。出席は坪井
   辺，諏訪，湊の各委員。口述記録
   理中。今後このような記録をシリ
   て出すことを決める。
2. 欧文日本地学文献集は，追加資料
   小林委員長が整理中。題は「明治
   文日本地学文献集，附，近隣地学
   連科学文献」とする。
3. 「明治前日本地学文献」（仮題）は，
   地理，測地関係を加え，1858年ま
   をリスト・アップした。1868年ま
   が終わつた段階で内容を検討する。
4. 石山委員が"科学史研究"II 第16
   号(1977)に本委員会を紹介した旨
   つた。

理事会（52年度第8回，昭和53年1月24

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，
　　神山各監事，片山，佐藤，式各

議　事：

1. 下記の正会員入退会を次回評議員
   することにした。
   入会：遠藤毅，石井素介，野上道
   退会：木村繁成（逝去），尾留川
   　去），下平文男，吉田一郎，
   　敏，森群平。
2. 大橋良一会員を名誉会員に推せん
   を次回総会に提案することにした。
3. 会館建築に関する件
   (1) 前回理事会以後の経過報告を諒
   (2) 新会館の部屋割設計を確認した。
   (3) 平山建築研究所との間に，設計
   　仮契約書をかわすことを諒承した
4. 仮事務所として，千代田区九段南4
   富士ビル7階を借りることにした。

5. 新会館のテナントに予定されている第一建築サービス株式会社と，合意事項を明らかにした覚え書を作成することにした。

臨時理事会（昭和53年２月14日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山，神山各監事，片山，佐藤，式各理事。

議　事：

会館建築に関する件

(1) 近隣関係などのため，設計の一部を手直しすることを承認した。

(2) 仮事務所の賃貸借契約書の文案の一部手直しを承認した。

(3) 地下鉄営団に工事に関する申請書を提出する件を承認した。

(4) 仮事務所への移転を３月19日とし，前後１週間ずつ事務を休止することを決めた。

将来検討委員会（昭和53年２月25日）

出席者：坪井会長，末野委員長，神山監事，岩生，湊，川上，佐藤(光)，坂倉，平山，片山，伊藤(和)，斉藤(正)の各委員。

議　事：

1. 非金属資源資料センター構想について，高速磁気テープ，ミニコンピューターによる検索システムの説明があり，議論がなされた。

2. 地熱資源について，日本国内の資源賦存の可能性，基礎調査等につき，アメリカの研究開発の進め方と比較しながら報告があった。本協会としては，地熱地帯における自然環境の調査研究，地熱資源の探査評価，地熱熱水の多目的利用，地熱地帯における自然環境の地域的研究をとり上げてはどうかという提言があった。

3. 会館新築に関する説明，報告があった。

4. 東京地学協会定款の改訂案を検討するため，次の会員による小委員会を設置したい旨提案があり，諒承された。

　渡辺光，斉藤正次，川上喜代四，岩生周一，佐藤光之助，湊秀雄の諸君。なお，同小委員会には会長，将来検討委員長及び監事は随時出席できることとした。

理事会（52年度第９回，昭和53年２月28日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，式，前島各理事。

議　事：

1. 下記の正会員入退会を次回の評議員会に提案することにした。

　入会：小野有五，奥野隆史，藤原健蔵，鵜飼保郎

　退会：西水孜郎

2. 会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。

(2) 建築確認申請の書類と図面を承認した。

(3) 富士ビルに仮事務所を借りる件に関する建物賃貸借契約書を承認した。

(4) 清水建設株式会社との間で締結予定の工事請負契約書ならびに付属書類の形式を諒承した。

(5) 近隣との一般協定書の形式を諒承した。

(6) 文部省に基本財産処分承認申請書ならびに長期借入金承認申請書を提出することにした。

臨時理事会（昭和53年３月13日）

出席者：末野，保柳各副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，佐藤，式各理事。

議　事：

会館建築に関する件

(1) 第一建築サービス株式会社と交換する覚え書を承認した。

(2) 清水建設株式会社との契約を，三段階にすること，ならびに仮契約書の原案を承認した。

(3) 近隣迷惑料の予算を承認した。

編集委員会（昭和53年３月13日）

出席者：式委員長，安斉，井上，川上，神戸，五条，諏訪，西川，前田，矢沢の各委員。

議　事：

1. 地学雑誌第87巻３号の編集について審議した。

2. 100周年記念実行委員会保柳委員長から，地学雑誌総目録編さんの具体的方法について諮問があったので，これを審議し，その

結果を伝えることにした。

将来検討委員会（昭和53年3月25日）

出席者：坪井会長，末野委員長，神山監事，片山，坂倉，川上，平山，岩生，佐藤(光)，森本，伊藤の各委員。

議　事：

1. 日本の地学関係の年報（英文）発刊について提案があった。
2. とくに出席された床次徳二氏（地熱資源開発議員懇談会前座長）から地熱開発調査の推進について説明があり，意見が交換された。
3. 地熱開発関係の問題を検討する小委員会を設けることになり，次の諸君を委嘱することとした。

　佐藤光之助小委員会委員長，岩生周一，伊藤和明，虎岩達夫，川上喜代四の各委員。

定款検討小委員会（昭和53年3月27日）

出席者：渡辺光委員長，川上喜代四，岩生周一，斉藤正次各委員，他に坪井会長，末野副会長。

議　事：

1. 定款検討の基本方針について審議があった。

創立百周年記念事業実行委員会世話人会（昭和53年3月6日）

出席者：保柳委員長，尾崎，片山，川上，式各世話人

議　事：

1. 募金の状況と今後のすすめ方を審議した。

創立百周年記念事業実行委員会中間報告

(1) 昭和53年3月31日現在の応募状況は次の通り。

応募人員　59名

金　　額　520,000円也

内訳	5,000円	37名	10,000円	14名
	20,000円	5名	25,000円	1名
	30,000円	1名	50,000円	1名

(2) 5月中旬の東京地学協会総会終了後に発起人会を開き，今後の募金の進め方その他について協議する予定。

1980年国際地理学会議（IGC）記事（4）

その後2月8日に準備委員会が開催された。主な決定事項は次の通りである。

(1) 各委員会委員について

市川正己氏が学術会議会員に就任されたのにともなつて相談役(Executive advisers)になり，会議委員会委員長を中野尊正氏に委嘱することが決まった。

新たに石井英也氏を総務委員に，荒巻孚氏を財務委員に，籾山政子氏を会員，宿舎委員に委嘱することが決まった。

財務委員の矢田俊之氏は辞退された。

(2) 準備委員会委員について

各委員会の委員長代理で準備委員会委員になつていない方々を委員に委嘱することに決まった。

日本地理学会の新常任委員で準備委員会委員に委嘱されていない方々を委員に委嘱することに決まった。

(3) 日本航空株式会社を指定航空会社（Official Carrier）に，株式会社日本交通公社を指定旅行社（Official Travel Agent）に指定することに決定した。

また準備員委会山本荘毅会長より会員各位に対し次の通り会議参加登録料の前納についてのお願いの書面が参りました。準備期間中の必要経費を賄うために格別の御協力をお願いします。

会議参加登録料の前納について（お願い）

1978年2月18日

第24回国際地理学会議（IGC）については，これを共催する日本学術会議と日本地理学会ならびに東京地学協会の3者によって構成された当委員会において慎重に検討した末，すでにお知らせした通り，明後年1980年8月下旬から同9月上旬に至る期間を会期として開催することになりました。当委員会では目下，鋭意そのための準備を進めており，今後，計画の進行につれてその都度お知らせいたしたいと存じますが，学協会皆様多数の御参加を得て，有意義な充実した会議としたいと思います。これにかかる費用は1億数千万円に達し，その主要部分は参加費用によって賄われま

す。その他は，国費および寄付金等であります。しかし，国庫金の交付も，参加登録料の払込みも，ともに会議間近にならないと行われません。また財界などからの大口の御寄付は，寄付金についての免税措置が会議の前年になって初めて講じられるものであるだけに，その時期がくるまではなかなか戴けないのが実情であります。

一方，会議準備のための費用，即ち事務費，人件費，会報の印刷費，郵送費，巡検，シンポジウム等の下調査等は今日から必要となります。その額は昭和53年度に約1千万円，昭和54年度に約2千万円と見込まれています。幸いこれまで，すでに数名の篤志家からの御寄付を戴いておりますし，そのような件数をふやすよう今後さらに努力を重ねて参りたいと存じますが，このような方途だけで，前述の所要経費を整えることは至難であると予測されます。これを補給するためには，学協会の方々，その他，有志の方々による会費前納，御寄付および貸与に仰がざるを得ません。準備委員会としましては，わが国で行なわれた従来の多くの国際会議の前例などを十分参考として熟慮した結果，前例にならって，準備期間中の必要経費を整えるための下記の計画を立てるにいたりました。時節柄出費多端とは存じますが，その窮状を御賢察の上，各位の御厚志を頂きたいと考えます。皆様のみでなく御知友にもおすすめ頂き，御協力下さるようよろしくお願い申し上げます。

記

1. 仮登録料　25,000円（後日精算）
2. 振込先　第一勧業銀行根津支店　普通預金口座 1351095　日本地理学会 IGC 運営委員会　代表者　西川治（オサム）
3. 振込期限　昭和53年10月末日（分割も可）
4. 振込金に対する領収書の発行，管理などは，IGC 準備委員会財務委員会が行ないます。
5. 前納金については，昭和55年2月末日までにお申し出があれば御返金申し上げます。

（川上記）

訃　報

本協会会員，元評議員多田文男君は昭和53年3月15日，駒沢大学において執務中，急病に倒れ，同日午後1時逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

追　記

なお故多田文男会員の紙碑を次号に掲載する予定です。

お し ら せ

東京地学協会は，地学会館の新築工事のため，今のところ事務所を下記に移転しております。

宛名番地：〒 102 東京都千代田区九段南 4-5-11，富士ビル7階

電話番号：(261) 0809（いままでと同じです）

位　　置：靖国通りの一口坂交叉点そば，麹町郵便局東隣り。

交通の便：市ケ谷駅から徒歩約7分，都バス（東71，秋72，茶80）一口坂バス停前。

但し郵便物は旧住所（千代田区二番町 12-2）のままでも配達されます。

東 京 地 学 協 会

Journal of Geography
Vol. 87, No. 2 (824), 1978

地 学 雑 誌　第824号　昭和53年4月20日印刷　昭和53年4月25日発行

編集兼発行者　式　正　英

発 行 所　社団法人 東 京 地 学 協 会　東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102　電話東京(261)0809番　振替口座東京 66278番

印 刷 所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎 3-12-15

東京地学協会取扱い出版物

（▲印新刊）

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）

（※近刊）

各 460円
〒 400円

上松
足尾
厚田
阿仁合
赤穂
秋葉山
岩内
飯田
今治西部
伊予三崎
岩館
宇部
宇部東部
襟裳岬
渡島小島
飫肥
大垣
大迫
大畑
近江長浜
大屋市場
鬼鹿
尾花沢
小浜
蟹田
海南
唐津
冠島
霧島山
串本
鞍岡
小清水
小泊
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
田沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智
男体山
西方
沼田
鰐崎
八丈島
春立
羽幌
浜益
東茂住
燧岳
平戸
人首
船津
幌加内
本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
森吉山
門別
焼尻島
湯本
吉野山
米子
呼子
留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
羽前金山
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島

大村
奥津
大江山
鹿屋
上里
蠣ノ浦
加子母
金木
加治木
北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
川内
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦
肥前高島付野母崎
日奈久
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

五所川原
田老
妹背牛
△横田
脇野沢

850円 〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

竹田
蓼科山

2,390円
〒 { 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750 }

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
岩沼
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
※尻屋崎
竹貫
▲多良間島
鶴居
富江
那珂湊
野尻
彦根東部
都城
陸奥川内
米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田
大樹
館
多里
飛驒古川

各 1,840円
〒 450円

秋田
※本荘
八ケ岳

各 〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ浦 1組 600円
大槌・霞露岳 〃 600円

大間・佐井 1組 600円

阿田和・新宮 1組 600円
伊予高山・八幡浜 〃 600円
掛塚・見付 〃 600円

地学雑誌 隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 3 (825), 1978

目　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　※近刊　▲印新刊)

各　〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本の火山	1,490
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,800
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
※1/200万	日本活断層図	930
▲ 1/20万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図	1,280
	日本温泉鉱泉一覧	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900

海洋地質図　各　〒400円

1/ 20万	(Ⅰ)	飯島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(Ⅱ)	対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(Ⅲ)	相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(Ⅳ)	相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(Ⅴ)	紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(Ⅵ)	紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(Ⅶ)	琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(Ⅷ)	西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(Ⅸ)	八戸沖表層堆積図	

日本油田ガス田図	(Ⅰ)	青　山　奥	820
〃	(Ⅱ)	横　　浜	820
〃	(Ⅲ)	横　須　賀	820
〃	(Ⅶ)	魚　　沼	3,410 〒750
〃	(Ⅷ)	本　　宿	1,510
〃	(Ⅸ)	七　　谷	820
〃	(Ⅹ)	茂　　原	2,140
〃	(Ⅺ)	佐　　渡	1,510
同　上	説　明　書	佐　　渡	1,510

日本水理地質図　各　〒400円

(Ⅰ)	木曽川左岸・矢作川・豊川流域	
(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	
(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	
(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	
(Ⅶ)	千葉西部	
(Ⅷ)	奈良県大和川流域	
(Ⅺ)	長野県松本盆地	
(Ⅻ)	兵庫県南西部	
(XⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
(XⅤ)	都城盆地	
(XⅥ)	仙台湾臨海地域	
(XⅦ)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
(XⅧ)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
(XⅨ)	熊本県白川および黒川流域	
(XX)	鳥取県日野川流域	
(XXI)	福岡県矢部川中流域	
(XXⅡ)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
(XXⅢ)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
(XXⅣ)	長野県千曲川中流域	1,
(XXⅤ)	島原半島	1,
▲(XXⅥ)	長崎県諫早北高地区	1,
▲(XXⅦ)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,

空中磁気図　各　〒450円

(Ⅰ)　酒田−村上−弥彦−糸魚川海域	1,
(Ⅱ)　稚内−利尻−遠別−留萌−札幌海域	1,
(Ⅵ. Ⅶ)気仙沼−岩沼−盤城−日立−鹿島−鴨川海域	1,
(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ) 厚岸−浦幌−苫小牧−函館−富川−襟裳−積丹海域	1,
(Ⅺ. Ⅻ) 輪島−福井−陸奥−尻屋崎−八戸−宮古−気仙沼−花巻海域	1,
空中磁気図(XⅢ)福井−豊岡−隠岐海域	
(XⅣ. XⅤ. XⅥ)豊橋−尾鷲−串本−紀伊水道−室戸−足摺−延岡−宮崎−日南−佐多岬海域	1,
空中磁気図(XⅦ, XⅧ)天北−十勝地域	

各〒450円 ただしⅠ，Ⅱ，Ⅲは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870円

日本炭田図	(Ⅰ)	常磐炭田図ならびに説明書
〃	(Ⅱ)	北松
〃	(Ⅲ)	留萠炭田大和地区
〃	(Ⅳ)	常磐炭田泉地域
〃	(Ⅴ)	釧路炭田新鏈別地域
〃	(Ⅵ)	石狩炭田空知区東芦辺地域
〃	(Ⅶ)	釧路炭田北西部
〃	(Ⅷ)	雨竜−留萠
〃	(Ⅸ)	佐世保市南西部新
〃	(Ⅹ)	新潟県赤谷
〃	(Ⅻ)	佐世保市西南部地域ならびに説明書
〃	(XⅢ)	天北炭田地質図 天北炭田炭層対比図炭柱図

▲ Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
上製 3,950円　並製 3,780円

1



2



写真 1　スウェーデン西部，クラーレルヴェン川上流部
写真 2　クラーレルヴェン川の旧いスクロール・バー

スウェーデン西部, クラーレルヴェン川の河川営力
River Process in the River Klarälven, western Sweden

写真 1 (SUNDBORG 論説本文中の Fig. 1)

Upstream view on the River Klarälven in western Sweden. The tectonic valley of the River Klarälven follows an almost straight course for a distance of about 100 km. At the time of the disappearance of the great inland ice from this region, some 9000 years ago, the valley was an inlet from the sea. Huge quantities of sand and silt were deposited in the narrow fjord. The isostatic readjustment after the ice retreat caused a rapid land uplift, which still continues but now at a gradually decreasing rate. The deposits were raised by the uplift above the level of the water in the fjord. A river was formed. The river cut a deepening channel in the easily erodible deposits, forming terraces on the valley sides, and developing an exceptionally regular sequence of meanders. The eroded sediments were carried downstream and deposited as deltas on the gradually receding shores. As the valley has an average width of only 1 km, the present meanders are not free meanders. The water is compelled to turn abruptly, where the river channel approaches the valley sides, which consist of resistant bedrock or moraine. On the outside of each bend, continuous erosion is going on, and steep erosion scarps are formed, while the inner bend is characterized by deposition and parallel alluvial ridges (scroll bars). Thus the whole system of meanders is slowly migrating down the valley. Most of the cultivation and the habitations are concentrated on the valley floor and the terraces, while the regions outside the valley are forested areas. (Photo by Å. Sundborg, 1973)

写真 2 (SUNDBORG 論説本文中の Fig. 2)

A detail view on the River Klarälven, showing the ancient scrollbar system, still visible in spite of the old-established cultivation. The farm houses are located on sites not too close to the erosion scarp (on the left in the photograph) but still far from the area of active deposition (right), where flooding is common. (Photo by Å. Sundborg, 1973)

地学雑誌 87, 3 (1978)

River Processes in Different Climates*

Åke SUNDBORG**

Abstract

The article contains a general discussion on river processes in different climates. It is stressed that a good knowledge of the natural river processes is of great importance, both for purely scientific reasons and in the interests of society. The prediction of future development and the forecasting of possible environmental risk factors are essential elements in the physical planning. Both the hydrological regime and the sediment production are controlled to a great extent by climate, but they are also affected by a multitude of different factors, mutually related and seldom independent. Vegetation, bedrock and soil conditions, topography and channel geometry are some of these factors.

Some typical examples are given from different climatic regions. The influence of the perennially frozen ground on the fluvial processes in arctic regions is discussed and exemplified. In humid, mid-latitude climates, the influence of, among other things, the seasonality and the possible presence of snow and ice during the winter is discussed. The partial absence of vegetation in dry climates and the occurrence of heavy flash floods is discussed, and their significance for the processes is stressed. The close relationship in the dry zones between the fluvial processes, particularly the transport of bed load, and the general geomorphological evolution of the landscape is pointed out. In the tropics, the vegetation plays a very important rôle, bòt other factors, for instance, the "lahar" activity in volcanic areas, may also be significant as regards the river characteristics.

In a concluding section, some general concepts are presented. It is pointed out that the fundamental hydrodynamic and fluvial processes are the same, irrespective of climate and other external conditions (concept of similarity), and that the rate of most river processes and their morphological and sedimentological results are directly or indirectly controlled by climate, for instance, by permafrost, river ice, snow and vegetation (concept of climatic control). There is a balance or quasi-balance in all rivers between water discharge and sediment load, determining the general character of fluvial processes and morphological development (water-sediment relationship). As the processes in a river depend on conditions and processes also in other parts of the river basin, it is necessary to treat the whole river basin as a compound unit (the river basin as the fundamental unit). The importance of geomorphological events of different frequencies and magnitudes varies with climate. This is an important topic for further studies (frequency-magnitude relationship). Man's influence on river processes is becoming more and more important. It is necessary to develop satisfactory methods for the prediction of the effects of human activities (man's influence). *Process geomorphology* would be a useful term to utilize, covering both the influence of climate and other factors, for example man's influence,on the long-term geomorphological development.

General considerations

Rivers and river valleys have always been two of the essential elements of the natural landscape. They have seen the births of ancient civilizations, they have facilitated communications between societies and cultures, and they have made

* This article is essentially a summary of a lecture on "River processes in different climates" given in Japan in November 1977 and illustrated by a series of photographs, with comments, from selected type regions. Only a very few of these illustrations are included in the article.

** Department of physical Geography, University of Uppsala, Uppsala, Sweden

possible the origin and growth of many modern population centres and industrial regions.

In the geomorphological evolution of the landscape, rivers and river processes play a significant role. The rivers can be looked upon as immense transportation systems for water and sediments. They evacuate the products of the denudational processes from the river basins, thus promoting bedrock weathering and future denudation. The rivers themselves form local base-levels for tributaries from adjoining catchment areas.

The utilization of the rivers and their water resources often causes many problems. Irrigation schemes, hydropower plants, the withdrawal of water for industrial and domestic uses, and the industrialization and urbanization of river landscapes drastically change the natural conditions. This may result in erosion and sedimentation, river migration, and channel-regime changes or have other, often quite serious consequences.

Both for scientific reasons and in the interests of society, a good knowledge of the natural river processes is therefore of great importance. The prediction of the future evolution of the rivers and the forecasting of possible environmental risk factors related to man's activities are essential elements in the physical planning.

The river processes are greatly dependent on natural environmental conditions–climate, geology, topography, hydrology, vegetation, etc. In modern times, man's influence has become more and more important. Artificial structures and other obstacles in the watercourses often change the erosional and depositional processes, both qualitatively and quantitatively. The complicated interaction between processes and environmental factors makes it necessary to regard the river processes as links in a complex ecological system.

The evolution of a river is controlled by the water discharge and the sediment load and by the balance between these factors. This balance or quasi-balance is very sensitive to changes in the upstream conditions, changes that may be caused either by natural processes or by man. An increase of sediment production in the upstream areas of a river basin will inevitably result in an increase of sediment yield in the downstream reaches. This may cause serious problems and affect both the water quality and the erosion and sedimentation conditions. Therefore the whole river basin must be treated as a compound unit.

As already stressed, the basic factors controlling the processes in a river are water discharge and sediment load. The seasonal variations of these elements are characterized both by the hydrological regime of the river and by the rate of sediment delivery to the river channel from the surrounding terrain.

The hydrological regime is mainly a function of the climatological conditions: precipitation and its seasonality, the accumulation of snow during the cold season,

and the evaporation of water from the ground and from water surfaces. But many other factors affect the run-off. The vegetation—which in its turn is dependent on the climate—reduces the amount of water available for run-off by its interception of the raindrops and by its use of water in the process of plant growth, leading to water losses through transpiration. The bedrock and soil conditions affect infiltration, soil-moisture content and ground-water storage and thus also surface run-off. Topography and channel geometry are other factors that decide the characteristics of the hydrograph.

Sediment delivery, on the other hand, is also to a great extent controlled by climate. The basic process—the weathering—is closely related to temperature and water availability. It is a well-known fact that both the rate of weathering and the characteristics of the weathering products are functions of climate. Chemical weathering is promoted in the wet tropics, where it is also assisted by the abundant vegetation. In dry regions, however, weathering is suppressed, irrespectively of temperature. In cold climates, it is also greatly reduced. The clay content of the weathering products and the grain-size distribution of the products are correlated to the climate, with a high clay content in the wet, tropical regions but coarser material in the dry and cold climates. Naturally, the geological conditions are also of great importance.

The weathering products must be detached and moved from the original site in order to contribute to the sediment load of the watercourses. If the weathering products accumulate at the site of origin, the weathering will gradually slow down. Thus the removal of the material is of primary importance for the further geomorphological evolution.

The detachment and the further transport of the particles have been studied in a large number of investigations, and many important contributary factors have been pointed out: rainfall conditions (amount, seasonal distribution, variability, intensity, etc), snow accumulation and frozen ground, vegetation cover, soil and bedrock characteristics, relief-slope conditions, hydraulic geometry, etc. To these variables should be added the influence of man's activities, such as changes in land use, cultivation, grazing and burning, and building operations, which can all affect both run-off and sediment production (cf. Fig. 3).

The processes governing the supply of water and sediment to the rivers are affected by a multitude of different factors, mutually related and seldom independent. It is difficult or impossible to state a simple relationship between erosion and sediment delivery, on the one hand, and any single influencing factor, on the other. A particular relationship may be valid for a certain region or for a number of river basins under comparable conditions but may not hold true in other environments. Any simple relationship may conceal the complex nature of the



Fig. 3 Man-induced soil erosion often changes the regime of a river. This photograph from a severely eroded area in Lesotho, southern Africa, shows how splash, rill, and gully erosion has completely removed the soil cover and the loose material from the area in the foreground. Photo Å. SUNDBORG 1969.



Fig. 4 In arctic rivers, flowing through sedimentary deposits, the river banks often recede rapidly through the formation of thermo-erosional niches and undercutting. The river bank collapses along surfaces of weaknesses, formed by the network of ice-wedges. (Photo by J. Peippo, 1962)

processes and may mask the multivariate nature of the interrelations. Oversimplified relations between, for instance, erosion and any single factor may be more confusing than informative. It is often unwise to generalize and state that any of the factors of climate, type of bedrock, topography, soil, vegetation or man's activities is the predominant and most important one for the development. It is necessary to know in detail the real processes under different conditions.

Some examples from different climates

The complex nature of the processes that supply water and sediment to the rivers has an equivalent within the watercourses themselves. The fluvial processes are also affected by a great many factors, reflecting both climate, bedrock, topography, vegetation and man's influence. It is possible, however, to distinguish certain typical characteristics in different climatic environments which are significant as regards the river processes and morphological development. Some of these characteristics will be briefly discussed in the following pages. As this is not a comprehensive, systematical presentation, only a few scattered examples will be given from different climatic regions.

Arctic rivers

About one-fourth of the area of the continents has perennially frozen ground. The zone of permafrost is thus of great importance by area, even if the region has as yet only a small part of the world's population. In the zone of permafrost, the temperature of the soil and/or bedrock has been below zero for a long period within extensive, continuous or discontinuous regions. This is a condition that will inevitably affect the fluvial processes.

All arctic rivers are found in the northern hemisphere, and most of them flow in a mainly northerly direction, from regions with a comparatively early spring to areas with a shorter summer and a later break-up of the ice on the rivers. Within the permafrost areas, only the active layer thaws in summertime, and only the material within the active layer can be subject to similar erosional processes to those in the rivers in non-arctic regions.

With an area of about 25% of the total land surface of the world, the conditions must necessarily vary within wide limits. However, they have some characteristics in common. The precipitation is low and the period with temperature above freezing-point is short. The seasonal variations in water discharge are very large. The channel flow in late winter is normally very low; in some rivers, it is almost nil or is completely absent. The morphological activity is mainly restricted to a very short period in summer.

As the snow normally starts to melt in the headwater areas or in the upstream regions of the river basin, water often begins to flow both on the surface of the

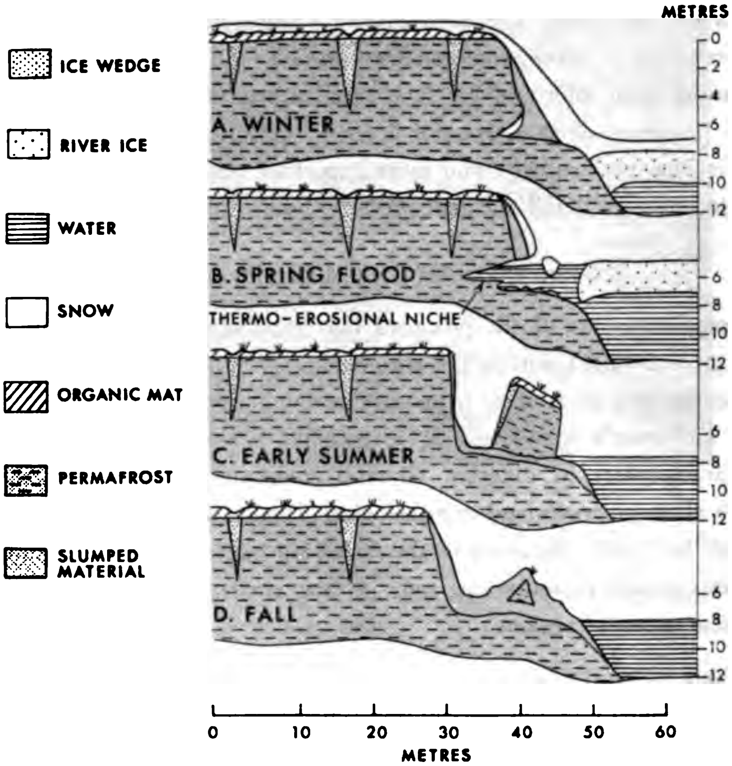


Fig. 5 Schematic diagram showing the process of river-bank erosion on an arctic river (from RITCHIE and WALKER 1974)

bottom-frozen ice and underneath floating river ice. In the coastal areas, river water may inundate vast frozen areas of the sea. Sediment is deposited on top of the snow and on the ice—on flood plains, in delta areas, in lakes and close to the seashore. Even if normal forms and sedimentary structures have formed during the deposition, these forms will collapse and be destroyed during the later thawing of snow and ice.

River-bank erosion is affected by the thawing processes of the permafrost material. Eepecially where the river banks are made up of sediments with ice-wedge polygons, the thawing process may result in quite spectacular forms. Ice wedges and ice lenses form surfaces of weakness, thermo-erosional niches are formed and slumping occurs, a process that is reinforced by seepage during falling water stages. An example of the development is illustrated in Figs. 5 and 6.

In the arctic environment, the sediment supply to the rivers, the transport of the material as suspended load and as bed load, and the morphological processes in general are concentrated in a very short period of the year. The erosional and depositional processes and the resulting morphological features are greatly affected by the presence of permafrost and by the ice and snow conditions. But even if

the arctic conditions dominate the evolution and the resulting features, the basic hydrodynamic and transportational processes are still mainly the same as in other climates.



Fig. 6 Bed forms on the River Klarälven, Sweden, visible through the clear water. The water flow is from left to right. The phototogrph covers a distance along the river of about 170 m. The heights of the distal slopes vary between 10 and 50 cm. Photo Å. SUNDBORG 1973.

Rivers in mid-latitude climates with no dry season

Within this region may be included both areas with warm, temperate, rainy climates and areas with moderately cold, snowy climates with no pronounced precipitation seasonality (parts of the C and D climatic regions, according to the Köppen classification). Vegetation cover protects most of the ground, the surface run-off is moderate, and the rate of fluvial processes is generally slow-to-moderate. Extreme conditions and violent changes are infrequent.

Water discharges and morphological "events" of moderate magnitudes and moderate frequencies are responsible for most of the sediment transport or geomorphological work. However, the high-magnitude, low-frequency floods may be of great importance in the determination of the river-channel geometry in general. The results of the fluvial activity are distributed in time all over the year. The intensity of the processes is normally comparatively low, but, due to the long duration of certain water discharges and processes, the bed forms and other morphological features may be quite distinct. Human influence is marked. Even if the continuous processes of relatively low magnitude are generally decisive, as regards the morphological devlopment of the rivers, "non-fluvial" factors may also be of great importance. In regions with cold-season snowfall and hot-season rainfall, the snow accumulation causes a pronounced snow-melt maximum in water discharge, which may be responsible for most of the annual sediment transport. Ice jams and other river-ice features may affect the flow conditions and the erosional processes on the banks and create "ice-pushed" walls, erosion scars and other forms.

Due to comparatively low rate of the fluvial processes in this climatic region, human activities may more or less control the processes and the geomorphological development. Many riverplain regions in western Europe have been given their morphological characters by the fluvial processes during the last couple of thousand

years. The present activity, however, is restricted by measures, taken by man, and the landscape processes are almost completely artificially controlled.

In areas where man's influence is still of minor importance, however, the results of the fluvial processes may be clearly distinguishable and often quite distinct. Morphological processes, channel morphology, bed forms and sedimentary structures often reflect the hydrodynamic conditions in a very striking way (cf. Figs. 1, 2, and 6).

Rivers in dry climates

In semi-arid regions, the rainy season is short, and small river channels are often dry for a long period of the year. With increasing length of the dry season, the aridity increases, the vegetation changes from savanna to steppe or desert, no permanent streams can originate within the region, and the stream channels are filled with water only occasionally in connection with local rainstorms, resulting in heavy flash floods. These rare periods of high water are of great significance both for the sediment yield and for the geomorphological evolution in general.

During the rainy season, most of the precipitation may fall during heavy storms with intensities of 20 mm/hour or more. The rainstorms are often quite local, with precipitation only in small areas or rather narrow zones. The rain results in violent run-off, especially on grazing lands or in regions with bare ground and poor infiltration conditions. The heavy run-off causes intense soil erosion, where conditions are favourable for erosion, and water and sediment are discharged by torrential flash floods in channels that are otherwise quite dry. These flash floods are usually of short duration and carry a high percentage of the total, annual, sediment load of the river.

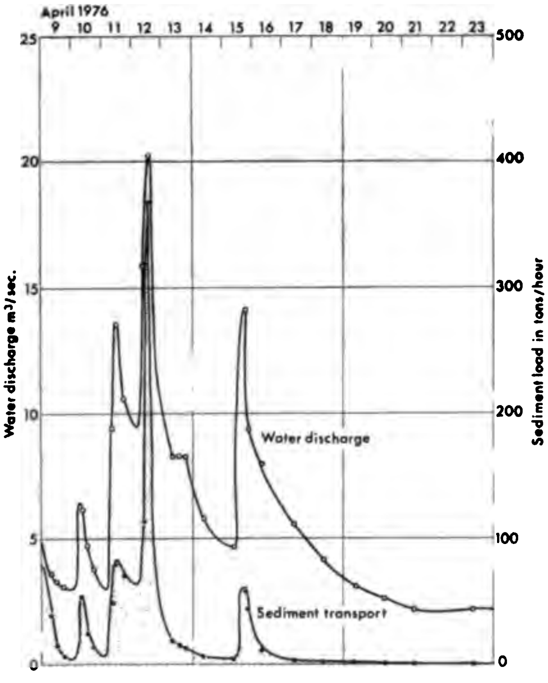


Fig. 7 Water discharge and sediment transport during a 2-week period in a semi-arid region characterized by heavy flash floods caused by local rainstorms. The River Suam, a tributary of the River Turkwell, Kenya (from SUNDBORG 1976).

As a typical example of the water discharge and sediment transport conditions in medium-sized rivers in dry regions, diagrams from an investigation on the River Turkwell in Kenya are presented in Fig. 7 (SUNDBORG

1976). This figure shows that the increase in water discharge during a flash flood is very rapid. The peak is often reached within a couple of minutes or a fraction of an hour and lasts for only a few hours, sometimes less. The decrease in the water stage during the recession link of the hydrograph occurs more slowly.

The characteristics of the flash-flood hydrograph depend upon the location of the rainstorm centre, the duration of the rainfall, the soil conditions, the river-basin morphometry and the hydraulic geometry of the channel. The figure also includes a curve showing the rate of sediment transport.

It is clear from the figure that the sediment transport is closely related to the water-discharge fluctuations-a very rapid increase when the flood approaches, and then a slower decrease. The general character of the process is quite clear from the figure, though even more frequent sampling would have been desirable.

With the deficiency or absence of vegetation cover in arid and semiarid regions, the predominance of the fundamental fluvial processes is obvious. Few landscapes in the world show better the morphological results of the balance between erosional, transportational and depositional fluvial processes than the arid and semi-arid landscapes. Somewhat over-simplified, it can be said that weathering supplies the necessary material, water is responsible for the transport and deposition according to hydrodynamic laws, and the amount of material redistributed controls the location and rate of further weathering. Thus the sculpture of the arid landscape is to a great extent a function of the rate of erosion and of the gradient at which the surface water and the water in small channels is able to transport its bed material (cf. Fig. 8).



Fig. 8 Aerial view over the Turkwell flood plain with adjoining pediments and alluvial fans. Monadnocks in the background. Photo Å. SUNDBORG 1976.

Tropical rivers

In tropical regions with a warm and rainy climate, with no pronounced seasonality or with a comparatively short dry period with low water stages, the vegetation is abundant and the rate of chemical weathering is high. The canopy of the trees and the ground cover of vegetation protect the surface against heavy surface runoff and soil erosion. Compared with the semi-arid regions, the yield of coarse-grained sediments is generally less. Fine-grained, suspended material and dissolved material is usually predominant in the transported matter.

As a result of the abundant vegetation, the river processes are also affected. Lateral migration is prevented or retarded, water vegetation in lakes, ponds or river reaches with slow-flowing water may impede water discharge, navigation, fishing and other activities. Deposition of material is promoted, and geomorphological activity is decreased.

The vegetation control of fluvial processes is thus of great importance in the humid tropics. The geomorphological results of the processes are to a great extent affected by vegetation. There are, however, environments also in the tropics, where, for instance, the transport of coarse material is extremely great, where river-channel changes are rapid and sometimes disastrous, and where the vegetation provides only a slight protection against the violent water flow.



Fig. 9 Volcanic material on the steep slopes of volcanoes forms easily erodible material of different textures, from large blocks and boulders to fine-grained ashes. During heavy or persistent rains, debris flows may be released, carrying material to the footslope regions of the volcanoes or further. This makes these regions hazardous, the river channels being often characterized by the debris flows rather than by normal fluvial activity. River channel draining the Merapi volcano (2 911 m) on Java. Photo Å. SUNDBORG 1977.

One example of such an environment is the volcanic regions in tropical climates, for instance, some parts of Central America and Indonesia. Heavy rains produce torrential floods down the steep slopes of the volcanoes, transporting huge amounts of the easily erodible tuffs and ashes—the "lahar" material-creating new river channels and destroying forests, cultivated areas and habitations. In these environments, the transported material is often made up partly of very big blocks, and the flow may have the character of a debris flow rather than a normal river flow (Fig. 9).

Conclusions and general concepts

An evaluation of fluvial processes and river morphology in different climatic regions gives to certain general conclusions and concepts that should be kept in mind in discussing the global distribution and variations of geomorphological processes and features.

The concept of similarity

The fundamental hydrodynamic and fluvial processes are the same, irrespective of climate and other external conditions. Erosion of material by flowing water, the transport of bed load and suspended load, the development and migration of bed forms, the deposition of material and the resulting forms and sedimentary structures are similar in all environments, with slight differences depending upon the changing physical characteristics of water and sediment with temperature (for instance, changes of the viscosity of water).

The concept of climatic control

The rate of most river processes is directly or indirectly controlled by climate. Water discharge and thus water velocity, weathering products and their characteristics, sediment load, seasonality, and the influence of non-hydrodynamic factors such as permafrost, river ice, snow and vegetation are all closely connected with climate. The final morphological and sedimentological results of the river processes are qualitatively and quantitatively controlled by climate-dependent factors. It is difficult or impossible to distinguish any single climatic factor as the most important.

Water-sediment relationships

In natural rivers, there is a balance or quasi-balance between water discharge and sediment load which determines the general character of fluvial processes and morphological development. This balance can be changed by natural causes or by man's influence. It is necessary to take into account not only changes in the basic elements separately but also, and particularly, the changes in the interrelation between water and sediment.

The river basin as the fundamental unit

The processes in any river reach are dependent upon the hydrological and

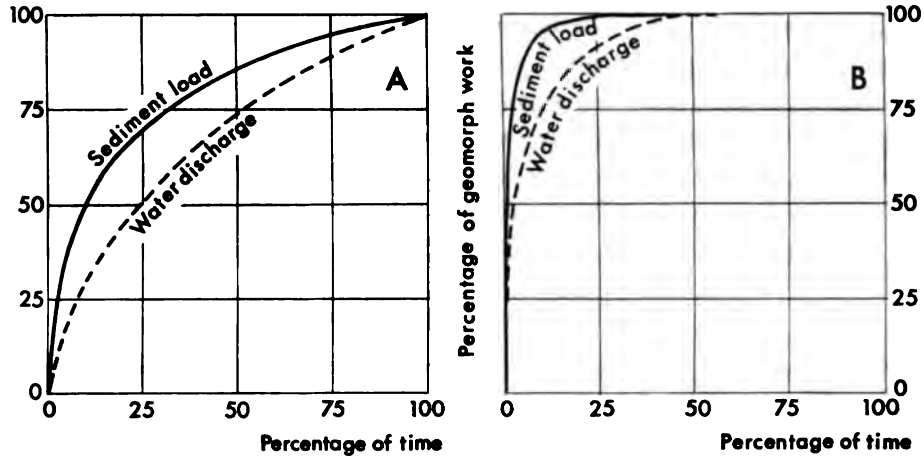


Fig. 10 The activity of hydrological and geomorphological processes is normally concentrated in shorter periods in climates with pronounced seasonality. If data on daily water discharges and sediment loads are arranged in order of magnitude and the percentages of water discharge, sediment load and time are computed, curves can be drawn, illustrating the time dependence of water discharge and sediment transport (cf. WOLMAN and MILLER 1960). Diagram A shows in principle a case that may be representative of a drainage area in a humid climate with no pronounced seasonality; diagram B may be representative of a dry region. If the purpose is to evaluate the importance of high-magnitude, low-frequency events, it may be more suitable to use graph paper with probability scales. Attention should be paid to the fact that the size of the drainage area greatly influences the curves (as the importance of exceptional flows increases with decreasing size of drainage area). Different geomorphological processes will give widely different curves (cf. dissolved material, bed load, wind transport within the river basin, transport by debris flows, slides, solifluction, etc).

sedimentological conditions upstream, and sometimes also on downstream conditions. Changes in one part of a river basin normally affect also other parts. If problems arise in one particular region, the key to these problems may be found in quite a different part of the basin. Therefore it is necessary to relate all hydrological, sedimentological and geomorphological discussions to the river basin as the fundamental unit. This refers not only to the fluvial processes but also to such processes as weathering, mass movements, wind erosion, general ecological changes, etc.

Frequency-magnitude relationships

The importance of geomorphological events of different frequencies and magnitudes varies with climate (cf. WOLMAN and MILLER 1960). If sediment transport in rivers is taken as an example, events with moderate frequencies and megnitudes are normally the most important in humid climates. In dry regions, the exceptional events may, on the other hand, be quite predominant, as regards the total transport of material. In the arctic climate, most processes take place during a fairly short

period of the year. It should be observed, however, that the picture changes if other processes are studied. Some processes may be active only during a very short period of the year, whereas run-off and sediment transport go on continuously. Some processes are continuous, some discrete. The desirability of treating the whole river basin as a unit makes it necessary to study all processes in the same way, in order to get a complete view of the conditions. The size of the catchment will also affect the relationships between rare and common events. The earlier geomorphological history of the landscape is likewise of importance, as this will affect the level of the "geomorphological thresholds" and the "recovery period" of the landscape.

Man's influence

Nowadays man is one of the most important factors in the geomorphological evolution. Many rivers are completely controlled by dam or other structures, and the future long-term development will be entirely different from what it would have been under natural conditions. It is necessary to have good tools and methods to predict the future geomorphological development. It has long been realized that "the present is the key to the past". In the present situation, it is equally important to stress that "the present is the key to the future".

Future research on river processes

There are a great many urgent and important tasks for future research on fluvial processes and fluvial morphology. The fundamental processes and their sedimentological and morphological implications are known only in parts. The conditions in different climatic regions are still poorly understood in their relations to other influencing factors. We know, comparatively, a good deal about sediment transport at selected hydrological stations in many rivers in the world, but our knowledge of the internal redistribution of material within the river basins is poor, particularly if we take into account all the geomorphological processes. Time-process relationships are extremely important but have been relatively little studied. The study and prediction of the influence of man's activities will be more and more significant in the future. The concept of climatic geomorphology is often stressed. *Process geomorphology* would be a useful and perhaps a better and wider concept, including not only the processes themselves but also the results and their implications for man and his natural environment.

References

RITCHIE, W. and WALKER, H. J. (1974) : River in the frozen north. *The Geographical Magazine*, London.

SUNDBORG, Å. (1956) : The river Klarälven. A study of fluvial processes. *Geogr. Ann.* 38, Stockholm.

SUNDBORG, Å. (1976) : Reservoir sedimentation and fluvial processes, Turkwell river. In Turkwell dam and reconnaissance survey. Report prepared by VIAK for the Ministry of Water Development, Kenya.

WALKER, H. J. and ARNBOVG, L. (1966) : Permafrost and ice-wedge effect on riverbank erosion. Proc. First Int, Permafrost Conf., Washington D.C.

WOLMAN, M. G. and MILLER, J. P. (1960) : Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. *Journal of Geology*, 68, Chicago.

(1978年2月7日受理)

気候の相異による河川営力

オーケ　スンドボリィ

要 約

この論文は，異った気候下の河川営力についての一般的議論を含んでいる。自然の河川営力の正当な知識が，純粋に科学的理由にとって又社会的利益にとって，きわめて重要である。将来の開発について予測し得る環境危険因子の予報は，物理的計画においては本質的な要素である。水文学的法則 (regime) と沈積物生産とは，気候によって大きく支配される。併し，それらは又相互に関連し，殆んど独立していない多数の異った因子によって影響される。植生，基盤岩石，土壌条件，地形，水路形態 (geometry) が，これらの因子の若干例である。いくつかの典型的な例が，異った気候地域からあげられる。北極地域において河流の営力に関する永久凍土の影響が議論され，例証される。湿潤中緯度気候では，季節性や冬季の雪氷のあり得る存在の影響が，他のものとの間で，議論される。乾燥気候においては植生の部分的欠除や，大量の急激な洪水流の生起が議論され，それらの営力における意義が強調される。乾燥地帯における，河流営力とくに河床荷重の運搬と地形景観の一般的地形学的発達との間の密接な関係が指摘される。熱帯では，植生は他の因子と共にかなり重要な役割を演ずる。例えば，火山地域における「ラハール」の作用は又，川の性格に関して重要であるだろう。

結語の部分では，いくつかの一般的概念が提示される。基礎的な水力学的作用と河川の営力は，気候や他の外的条件にかかわらず同じであり (同一性の概念)，又多くの川の営力の率とその地形学的堆積学的結果は直接，間接に，気候たとえば永久凍土，河氷，雪と植生によって支配される (気候制約の概念) ことが指摘される。すべての川には流量と沈積荷重との間に，河流の営力と地形発達の一般的性格を決定する均衡及び均衡に準ずるものがある (水と沈積物の関連)。川の作用は，又流域の他の部分における条件と作用によっているので，全流域を複合単位として取扱うことが必要である (基礎的単位としての流域)。異った頻度と大きさについての地形学的事象の重要性は気候と共に変化する。これは更なる研究の重要な課題である (頻度と規模の関連)。川の営力における人の影響は，次第に，より重要になっている。人間活動の影響の予測に充分な方法を開発することが必要である (人間の影響)。営力地形学は長い期間の地形発達において，気候や他の因子たとえば人間の影響までを蔽って用いることにより，有用な語となるだろう。

地学雑誌 87, 3 (1978)

インド・パンジャーブ平原における水文循環の変貌

藤 原 健 蔵*

Behaviour of the Hydrologic Cycle in the Punjab, India

Kenzo FUJIWARA

Abstract

The Punjab is the area where the perennial irrigation canals of large-scale were first constructed in the Subcontinent of India. It is indeed true that the larger part of the Punjab has been benefited by the canal networks, while, the area was confronted with a rapid rising of the ground water table, with the result of waterlogging and salinity of fertile land. The serious rising of the water table came to be stabilized with the decrease of rainfall and a series of anti-waterlogging ameliorations, such as the excavation of drains and the boring of tubewells in the first half of the 1960's. With the development of the "green revolution", tubewells were bored in increasing number and this has resulted in lowering of the water table in certain areas.

This paper aims to discuss such a water problem in the Punjab in the light of behaviour of hydrologic cycle. The author points out that little understanding of hydrologic cycle of surface and ground water in the time of water use has caused the above water problem.

The results obtained may be summarized as follows:

1) In the natural environment existed before the inception of perennial canal irrigation, the system of hydrologic cycle in the Punjab was characterized by a considerable deep level of ground water, most of which were recharged by the influent seepage from river to the *doab*. In such deep ground water areas of the *doab*, the water of heavy showers in August and early September were almost lost by the manners of surface run-off and evapotranspiration and rarely reached to ground water table through the soil and aeration zones.

2) The rising of water table caused by canal irrigations has greatly modified the linkages of hydrologic cycle. That is, vertical transfers of water between the surface and the ground water storages has become actively and resulted in the increase of evapotranspiration. And the lateral transfer of water from river to the *doab* has turned the outfluent from the *doab* to river.

3) Irrigation tracts in the Punjab can be grouped into two types in the light of mode of fluctuation of ground water table. In the first group (UBDC, SC-A, FC), the water table was rised by 0.10–0.13 meter/year from 1942 to 1955 and has been stabilized

* 広島大学文学部地理学教室, Department of Geography, Hiroshima University

at 2.0–3.5 meters below the surface since 1956. In the second group (SC-B, WYC-B), the water table has been continuously rised by 1.55–0.65 meters/year since 1954 when the Bhakra Canal System was opened. Fluctuations of the water table of the first group can be divided into five stages. These modes and stages of fluctuation were discussed in connection with changed in rainfall and irrigation water managements.

4) Investigations were made into relationships between the fluctuation of water table and its controlling factors in UBDC. On the ground of the above investigations, calculation was made regarding the critical amount of rainfall and rainfall plus irrigation water, less than which the ground water table does not fluctuate. The critical amount of rainfall and rainfall plus irrigation water is 660 mm and 1,216 mm in year, respectively. Based on these, irrigation water at the monsoon period should be controlled.

5) In the first group of irrigation tracts, where tubewells are intensively bored, the water table has turned the tendency of lowering in the latter half of the 1960's. Total decrease in amount of ground water storage calculated based on the above lowering on the above lowering are about 250 million cubic meter per year.

Therefore, it seems that pumping of the ground water by tubewells has already exceeded to the safe yield. The author advocates that a detail calculation of the water balance on irrigation tracts be made in order to make a well-balanced management of water and to prevent cultivators from the disorder of water use which would be caused by the over-lowering of the water table.

I 序—研究の目的

世界の灌漑は最近の約100年間，特に第2次世界大戦後にめざましく発展した。それは，各地の大規模灌漑プロジェクトによる面積的拡大と，ダム・堰などの水利構造物の進歩に認められる（福田，1974）。面積的拡大は，河川灌漑の4大核心があった乾燥地においてでなく，それより降雨がやや多く，近くに有力な灌漑ポテンシャルがある半乾燥地において達成されてきた。その土地の降雨を補充するという灌漑本来の役割からすれば，半乾燥地の灌漑は乾燥地のそれより効果的といってよいであろう。

しかし，灌漑の技術面では，水利構造物の進歩と表裏をなす水管理の合理化はあまり進んでいるとはいえない。特に農民レベルでの水管理が遅れており，大水路が完成したのに耕地末端への水配分が不十分であったり，逆に作物要水量を上回る過剰の水供給によってせっかくの水を浪費している例が多い。そのため，耕地末端での水管理の合理化こそ，“灌漑農業成功の要件”とすら説かれているほどである[1]。この問題は，①開発可能な水資源が残り少なくなったこと，②特に半乾燥灌漑地において不合理な水管理が耕地の荒廃，すなわち湿性化 waterlogging と塩害 salinity を招来していることなどの理由から，今日一層緊急に解決すべき課題とされている。

合理的な水管理とは，もとより耕種その他の農学的技術と連繋しながら，適時適量の灌漑を施し過剰水を排除することにほかならないが，その前提として欠かせないのは灌漑地における水文循環の具体的な解明であろう（Van Den Berg, C., 1973）。筆者はさきに，インド・パンジャーブ地方における地下水位の変化を検討したが，過去100年に及ぶ同地方の輝かしい灌漑事業の歴史の中にも，こうした水文循環への配慮が欠如したために，水管理上の錯誤と混乱があったことを指摘した（藤原，1976）。

そこで本稿では，半乾燥灌漑地における水文循環の実態を解明するため，パンジャーブに例をとって，

1) 1969年，国際灌漑排水委員会（ICID）は特別議題として同問題を討議した（福田，1974）。

①水文循環は本来（自然的に）どのようなシステムとして成立していたか，②それに灌漑その他の人為的要因が加わったとき，どのような反応を示したかと考察してみた。合理的な水管理の方法を編みだすには，いわゆるシステム工学の手法を用いるのが有効であるが，そのモデル構築のためにはこうした過去の実績にもとづく水文学的システムの復元が必須であろう。この点パンジャーブ地方はすでに19世紀後半から続く長い大規模灌漑の歴史があり，複雑多岐な水文循環の変化を示す記録が蓄積されている。サンプル調査地として取り上げるのに最適といえよう。

II　水文地域とその特性

パンジャーブ Punjab とは，本来インダス河の「5つの支流」がうるおす沖積平野を指すが，1947年の印パ分離によって現在は2分されている。本稿で取りあげるのはラビ Rabi 河からガンジス河支流のヤムナ Yamuna 河に至るインド側パンジャーブであり，行政的にはパンジャーブ・ハリアナ Haryana 両州に属する。以下とくにことわりのない限り，パンジャーブの名称はこの範囲に対して用いることにする。このパンジャーブの地形・地質については多くの研究があるので[2]，ここでは水文循環に関係する以下の諸性質を列挙するにとどめる。

① 緩勾配・小起伏の水文地域

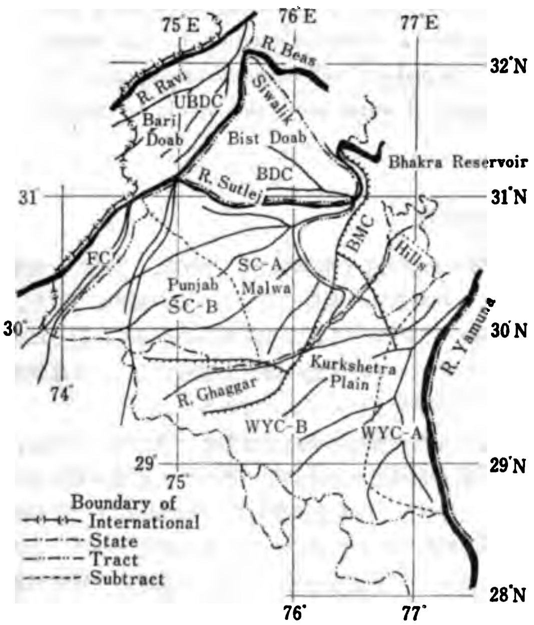


Fig. 1 Doab and canal tracts in the Punjab.
UBDC: Upper Bari Doab Canal,
BDC: Bist Doab Canal,
SC-A: Sirhind Canal, A zone
SC-B: Sirhind Canal, B zone
WYC-A: Western Yamuna Canal, A Zone,
WYC-B: Western Yamuna Canal, B Zone,
FC: Ferozepur Canal,
BMC: Bhakra Main Canal,

パンジャーブの平原は，ヒマラヤ山脈の前縁シワリク Siwalik 丘陵の山裾から南南西に緩やかに低まり，南はタール Thar 砂漠に終る。上限の高度は約300m，下限は 200 m 前後，その間の平均勾配は2,300分の1にすぎない。平原を流れる恒常河川としては，インダス水系のラビ，ベアス Beas，サトレジ Sutlej 河とガンジス水系のヤムナ河があり，両水系の分水界近くを流れるガーガル Ghaggar 川はタール砂漠に消える尻無川である。これらの河川によって区切られた河間地をドアーブ *doab* と呼ぶが，後述するように近代的灌漑の用水区はドアーブを単位として管理されているので，これを水収支研究上の単位地域，すわち水文地域とすることができる (Fig. 1)。

ドアーブの大部分は現河川沿いの沖積低地（ベート *bet*）より一段高い沖積台地（バル *bar*）によって占められている。沖積台地は完新世の湿潤期（7500～4700年 B.P.）において，ヒマラヤ山脈から流下する大小河川の氾濫と河道変遷によって形成されたものである（成瀬，1974）。沖積台地上の起伏といえば，かっての河道変遷を物語る低い河畔砂丘と，ナラー *nallah*（小さな川）と呼ばれる深さ1～3 m，幅50～200 m のごく浅い谷だけである。以上のような緩勾配，小起伏の地

2) 筆者との現地調査をまとめた成瀬（1976）の報告が，特に参考になる。

表面は，雨期における降水の表面流出やナラー沿いの流去を少なくし，地下への浸透分を増す原因となっている。

② 透水性の高い厚い沖積層

パンジャーブ平原を構成するインダス-ガンジス沖積層 Indo-Gangetic Alluvium (WADIA, D. N., 1961) は，更新世中期以降にヒマラヤ前面の沈降帯を埋めた河成堆積物であり，主として砂・シルト・粘土からなり，所どころに礫やカンカール *Kankar* (炭酸カルシウムの結塊) を含む。層厚は山麓近くの Hoshiarpur で300m であるが，南西に向って漸減し Jullundur 近くで202.5m, Ferozepur で195m となる (Gurcharan SINGH, *et al*, 1972)。その層相は場所によってかなり違うが，沖積台地の上部層は，表層に赤褐色粘土または砂質粘土，その下位に粘土層をレンズ状にはさむ細～粗砂が卓越する。中部層はカンカール混りの硬質粘土層を多数夾有する砂・粘土互層であり，下部層は全般的に粘土が優っているようである。上部層は薄い所 (後述の背斜域) で30m 未満，厚い所(向斜域)で60m 近い厚さを有するので，水文循環に直接結びつく地下水の浸透と流動はほとんどこの上部層の中で行われているとみてよい。ドアーブ別に平均した上部層の比産出量は7～10%の範囲にあるが，各ドアーブの上半部では比産出量20%に近い透水性の中砂が卓越し，用水路からの漏水や灌漑耕地からの浸透が多い。反面，ドアーブ下半部，特に尻無川の多いハリアナ州南部ではいちじるしく粘土質であり，かつ地表近くにカンカールが集積しているために7%以下の比産出量を示す所が多い。

③ 地下水流動に影響する地下構造

パンジャーブ平原の各ドアーブを横切るシワリク丘陵方向の背斜域 (Delhi-Shahpur 埋没隆起帯) の存在は，早くからパキスタン側で地質学的に知られていたが，インド側でも種々の物理探査によって確認されている (SINGH, K. R., *et al*, 1963)。すなわち，インド側では基盤の深さにより Delhi-Shahpur を主軸とする背斜域とその北東側の向斜状沈降域が識別されるが，後者はさらに Ludhiana, Jullundur を通るやや小規模の背斜域によって2つの向斜域に分かつことができる。基盤の構造が示すこれらの運動は，ヒマラヤ山脈前縁部の褶曲運動にほかならないが (NAKATA, T., 1972)，筆者 (1976) および成瀬 (1976) はこの運動が沖積層の変形や河川流路の転移などにもよく反映されていることを指摘した。沖積層の構造にも反映されているこのような活動褶曲は，北東から南西に低下する平原の全般的傾斜に直交して走るので，表流水や自由地下水の流動を局所的に阻害し，後述する湿性地や塩害地の分布に深くかかわっている。

III 用水路灌漑前の水文循環

1) 水文循環のシステム

一定の水文地域の水文循環は，いくつかのサブシステムによって有機的に結合された一つのトータル・システムと考えることができる。どこまで細かいサブシステムに分解して解明するかは，目的によって違うし，その細分化が適正かどうかによって求まる結果の有効性に差異が生じてくる (柴崎他，1976)。Fig. 2はパンジャーブにおける水文循環システムの模式図であり，水資源の開発とそれによる水文環境の変化を求める目的ならば，この程度の細分で十分であろう。

Fig. 2では，大気・地表・土壌・地下水・河川の5つの自然サブシステムと，人間の生産活動に関わる人間サブシステムとに区分されている。自然サブシステムを相互に結びつけるリンクが，降水(R)，蒸発散 (E)，浸透 (If)，自然排水 (Dn) などの水文現象である。また，人間サブシステムは灌漑 (Ir)，人工排水 (Da)，地下水揚水 (Dr) などのリンクによって自然サブシステムに結合している。

パンジャーブでは19世紀中頃まで，つまり大規模な用水路灌漑が本格化するまでは自然サブシステムのみであったが，熱帯半乾燥という気候下にあってはそれらの結合関係を決定的に左右していたのは降水と蒸発散の多寡であったといえる。例えば最大可能蒸発散量より降水量がいちじるしく少ないために地下

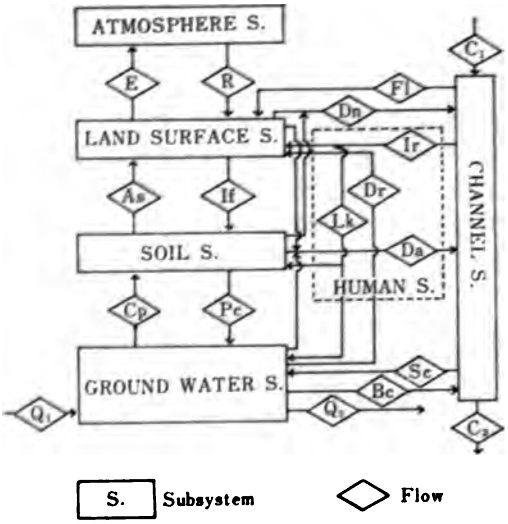


Fig. 2 Flow chart of hydrologic cycle in the Punjab.

Table 1 Climatic water balances at selected stations in the Punjab

Station	Elevation (m)	Rainfall (mm)	PET (mm)
Pathankot	275	1162.7	1312.6
Gurdaspur	260	886.7	1316.0
Hoshiarpur	260	875.5	1349.3
Chandigarh	290	1064.8	1334.4
Amritsar	234	563.1	1315.6
Ludhiana	247	680.1	1395.0
Patiala	259	674.2	1398.3
New Delhi	216	660.1	1437.8
Hissar	221	428.4	1436.2
Abohar	190	268.5	1479.6

水位が深く，土壌サブシステムと地下水サブシステムとの結合関係は弱かったと思われる。以下に用水路灌漑以前の水文循環を具体的に検討する。

2) 降水と蒸発

インドの気候は，一口にいって南西モンスーンによって特徴づけられているが，パンジャーブはその勢力が急に衰える限界地帯にあり，その気候を THORNTHWATE の分類で表現すると，大部分が DA'd タイプ（熱帯半乾燥で年中水不足）を示す(Table 1，Fig. 3)。すなわち，Table 1 に示すように年降水は山麓の一部を除いて900mm 以下であり，南西部は300mm を切る。これに対して気温は年平均23~26°C であるので，年間の最大可能蒸発散量 PET は1,300~1,500mm となり，降水量よりはるかに大きい値を示す。

DA'd タイプは，さらにD（湿潤示数 Im の半乾燥）と A'（PET の熱帯）の値によって4つに細分でき，これにラジャスタン州に接する南西部の EA'd（熱帯乾燥で，年中水不足）を加えてFig. 3 のように気候区分できる。次に水収支の季節的推移をみると，以下の3つの地域で特徴がある。南西部の Abohar ($EA'_3da'_2$)・Hissar ($D_1A'_2da'_2$) では，1月に降水量と PET とがほぼ等しくなるが，他の月では PET の方が降水量よりはるかに大きく，年間の水不足の総量は1,000~1,200mm に及ぶ。降水は常に蒸発のために消費されてしまい，地下水を涵養することはもちろん，土湿を与えることもほとんどない。

中央部の Sangrur・Delhi ($D_1A'_2da'_3$), Amritsar・Ludhiana・Patiala ($D_2A'_2da'_{1\text{-}2}$) では，PET が降水量を上回る乾季が3～6月と10～11月の2回ある。酷暑となる3～6月には，PET が高くなりひどい水不足になる。続くモンスーン期の月降水量は100~200mm になるが，PET はそれを上回るので，大雨の時は例外として地下浸透分はほとんどない。12～2月には地中海方面に起源をもつ西方低気圧がしばしば通過し，月に20~30mm の降水量をもたらす。この頃の気候は15°C 以下に下がって5～10mm 程度の PET になるので，降水は土湿を増加させラビ *rabi*（冬作物）の作付けを可能にする。しかし，地下水を涵養させるほどの水過剰はない。結局，この気候区の降水は年間を通じて PET の半分に満たず，水不足の総量は700~800mm である。

シワリク丘陵に近い北部の Gurdaspur・Hoshiarpur 地方 ($D_3A'_2da'_2$) でも，Chandigarh を除けば，水過剰になる月はない。しかし，12～2月と7～8月は土湿を与えるだけの十分な降水があるので，古

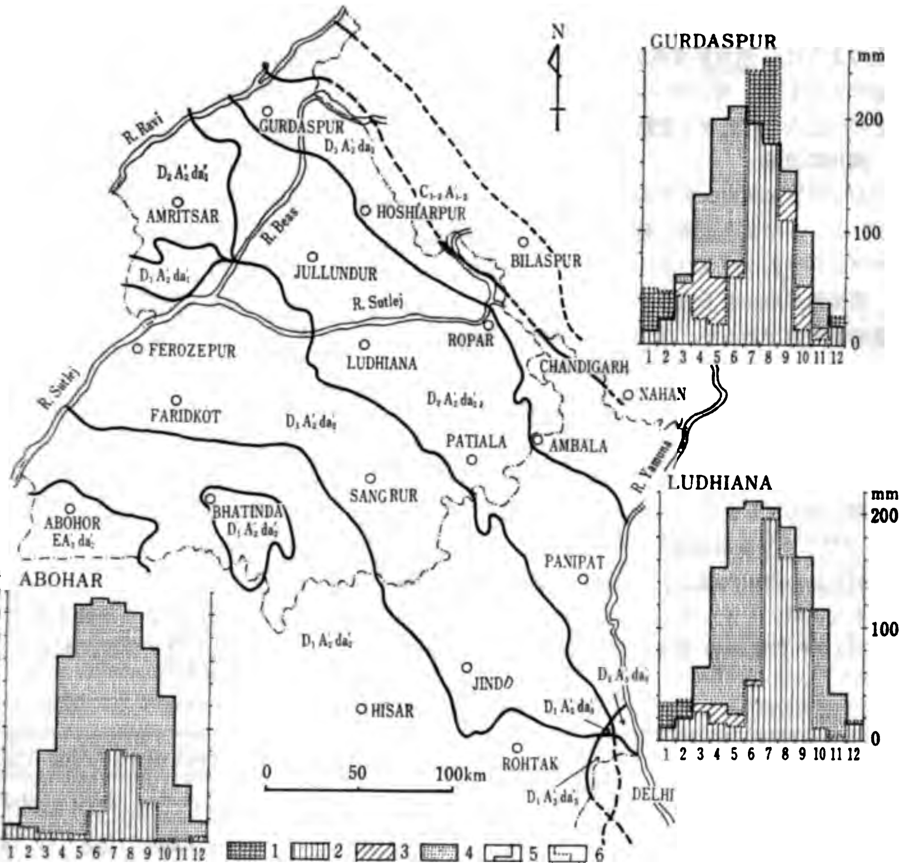


Fig. 3　Climatic divisions and climatic water balance diagrams in the Punjab (Compiled from J. L. SEHGALS data)

1 : Soil moisture recharge　　4 : Water deficiency
2 : Actual evapotranspiration　　5 : Potential evapotranspiration
3 : Soil moisture utilization　　6 : Rainfall

くから乾燥農業が営まれてきた。年降水量は900mm 前後であり，これは PET の70%に当たる。年間の水不足量（500mm 以下）のほとんどは４～６月の乾季のものである。

以上のように，南西モンスーンは200~600mm の降水をこの地方にもたらすが，この値は年間降水量の70~80%を占める上に，モンスーンの強弱によって年ごとに大きく変動する[3]。Fig. 8 に Ludhiana の年降水量を示すが，年平均680mm に対して1,000mm をこす大雨が３～５年おきに，また400mm 以下の干ばつは５～７年おきに繰り返していることに気付く。こうした年変動の大部分はもちろんモンスーン期降水のそれに責任がある。最近の記録的な降雨としては，1947, 1955, 1960, 1962, 1964年のモンスーン末期の豪雨があり，２ないし３日続いた一雨によって多くの地点で年総量の60%，部分的にはそれを上回る降水をみた。降雨時には沖積低地はもちろん，沖積台地の上でもナラーは溢れ，特に自然排水が道路・用水路によって阻害されている箇所に大氾濫を起した（UPPAL, H. P., *et al*, 1963)。後述するように，モン

3)　モンスーン期降水の変動率は山麓近くで10%にすぎないが，Ludhiana 18%，Hissar 33%という具合に，乾燥地域に近づくほど急増する（吉田，1975)。

スーン期降水量と地下水位変動の相関が高いのは，こうした氾濫水の浸透に大きな責任がある。

以上のように，用水路灌漑が本格化する前のこの地方では，年間の水収支はいずれも大きくマイナスの値を示すとともに，モンスーンの強弱によってたえず水害と干ばつが同居しているような不安定さを示し，そのつど人口が大きく変動してきた（WHIPPLE, F. J. W., 1942）。

3）河川の流況

パンジャーブの河川システムとしては，主ヒマラヤに豊富な水源をもつ4大恒常河川（ラビ・ビアス・サトレジ）と，シワリク丘陵に発する大小無数の季節的ないし一時的河川とがある。河川サブシステムから他のサブシステムへの水の流れは，地表への氾濫（Fl）および地下への伏流（Sc）のリンクを通じて行われる。蒸発散が降水を上回るパンジャーブにとって，河川からの水供給は水文循環システムの全体に影響する重要な要素であるが，現在のところその量的関係はほとんど把握されておらず，わずかに後述するようなパンジャーブ州水資源局の概算値のみである。

恒常河川の氾濫と伏流は沖積低地に限られ，沖積台地に及ぶことはない。沖積台地面への氾濫とその伏流は季節的，一時的河川によって行われる。これらは *cho*（涸れ川）およびナラー nallah（小さな川）と呼ばれていることからもわかるように，大雨の時にのみシワリク丘陵から奔流となって流れでるが，やがて沖積台地に消えてしまう。したがって，河川システムを通じて平原の外から沖積台地の表面に供給される水は，シワリク丘陵南斜面のものに限られ，またその供給は一時的かつ局地的である。

恒常河川からの水供給は，河底からの伏流と沖積低地への氾濫水の浸透を通じて行われ，パンジャーブ平原の水文循環に大きなウェートを占めてきた。4大河川の流量観測は1921/22から継続されており，Table 2はそれ以後1945/46年までの25年間の観測値から求めた年平均流量と，その季節的配分である。

Table 2 Channel discharges of rivers

River	Station	Drainage area (M. m³)	Average annual discharge (M.m³)	Seasonal distribution (%)			
				1–3	4–6	7–9	10–12
Ravi	Madhopur	8.060	7.993	11	30	51	8
Beas	Dera Gopipur	14.560	15.961	8	15	67	10
Sutlej	Bhakra	48.100	15.801	6	23	62	9
Ghaggar	Tangri		2.159				
Yamuna	Tajewala	38.750	10.312				

サトレジ河の流域面積はビアス河の3倍以上あるが，流量はビアス河のそれとほぼ同じである。このように流量と流域面積が必ずしも対応しないのは，南西モンスーンに対して両流域の水文条件が違うためである。例えばビアス河流域の大半が南西モンスーンによる降雨の多い（年2,000mm前後）小ヒマラヤの南斜面にあるのに対して，サトレジ河流域の半分は小ヒマラヤ北側の寡雨地域である。さらに，ラビ河の流域は最も西に位置し，小ヒマラヤの山列の間を北西に開口するので，冬の西方低気圧による降雪が多いが（200mm以上），南西モンスーンの降水を受けにくい。このため，春の融雪期出水は年流量の30%を占め，灌漑用として利用価値が高い。サトレジ河でも春の増水が多く，年間の23%が流れる。

Fig. 4はラビ河の旬間平均の日流量を示す。これによって年間の流量変化をみると，渇水期（11～2月初め）の日流量は2,000cusecで，年による大きな差はない。春先には西方低気圧の降雨によって急に増水することはあるが，3～6月の乾季でも融雪によって徐々に増水しつづける。6～8月の豊水期流量は12,000cusec前後が普通であるが，モンスーンの雨が加わると20,000cusecを超えることが多く，時には80,000cusecという驚異的な洪水が発生する。こうした豊水期には沖積低地は広く冠水し，いたる所で洪水の被害を蒙むる。

4) 河川水と地下水との交流

地下水と河川水との交流関係をみるため，地下水面図を検討することにする。パンジャーブにおける地下水位の組織観測は1895年から行われ，じらいモンスーン期をはさむ６月と10月の２回に，毎年規則的に続けられてきた。10月の地下水位はモンスーンの降水量によって左右され，年による上下変動が大きい。６月のそれは河川からの伏流（Sc），隣接地域からの地下水流入（Q_1）など，降水以外の場所的な要因を総合的に反映している。以下は主として６月の水位について検討する。

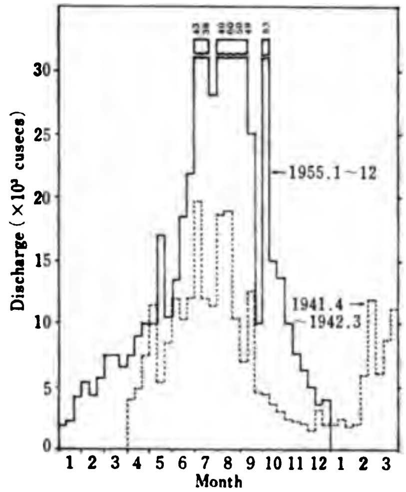


Fig. 4　Average daily discharge in a period of ten days of the Ravi River, at Madhopur.

Fig. 5はパンジャーブ全域を対象として最初に作成された1895年６月の地下水面である。図が示すように，ベアス河とサトレジ河とにはさまれたビスト・ドアーブを除いて，各ドアーブの地下水面はいずれも山麓より扇状に張り出し，その水位は両側の河川水位より５～10ｍほど高い。したがって，ここでは地下水が両側の河川へと流出涵養をしている。これらの区域はすでに用水路の通水後20年近くを経過し，地下水位の上昇が著しかった所である。ところが，地下水位は平原中央において急に深まり，当時まだ用水路の及ばなかった Bhatinda 付近では20～30m の深さになる。これはサトレジ河左岸に位置する Ferozepur や Abohor 付近の地下水位より低く，したがって平原西南部では河川から地下水へと伏流涵養していたことになる。これに似た地下水の交流関係はガーガル川やチャウタンググ川下流沿いの地下水嶺付近においても成り立つ。

一方，当時用水路の通じていなかったビスト・ドアーブをみると，ドアーブ中央を流れる東ベイン川沿いを除けば，地下水位は全般的に低い。Fig. 6-a はFig. 1のＡ－Ｂに沿う地表面および地下水面の断面を示す。1895年当時，用水路灌漑の及ばなかったビスト・ドアーブやクルシェトラ平野南部では地下水面が両側の河川水位より低くなっている。しかし，バリ・ドアーブやパンジャーブ・マルワにおいても，用水路灌漑前の地下水位が河川水位より低かったことを示す証拠がある[4]。

以上の事柄を総合して用水路灌漑以前の地下水面を復元すると，次のようになる。主要河川の沿岸および尻無川の延長部の地下水面は，河川からの伏流涵養によって堤防状に細長く高まっていた。ドアーブの大部分はこれらに挟まれた幅の広い盆状地下水面を呈し，その深さは山麓を離れると急に深まり，平原中央で20～25m，西南部で25～30m であった。このことは，平原の地下水サブシステムへの Sp および Ig は大部分が恒常河川沿いに行われていたことを，そしてシワリク丘陵南斜面からの地下水の直接的流入はガーガル川沿いを除いてほとんどとるに足らない量であったことを物語る。

IV　用水路灌漑とその管理

1) 用水路灌漑の進展

これまで述べたように，パンジャーブは熱帯モンスーンの及ぶ限界地帯にあり，降水は農業にとって不規則，不十分であって，灌漑なしには農業の大きな発展を望めなかった。しかし幸いにも，ヒマラヤの豊富な渓流水という灌漑ポテンシャルが近くにあり，かつ肥沃で浸透性のある土壌からなるので，灌漑農業

4）例えば，バリ・ドアーブ南東縁に位置する Gaggar Bhana 村の平均地下水位は1865年には14m であり，ベアス河の水位より低かったが，1892年には主水路建設の影響により９m，さらに1903年のサブラオン支水路通水後は7.3m（1925年），3.0m（1940年）と浅くなった（藤原他，1977）。

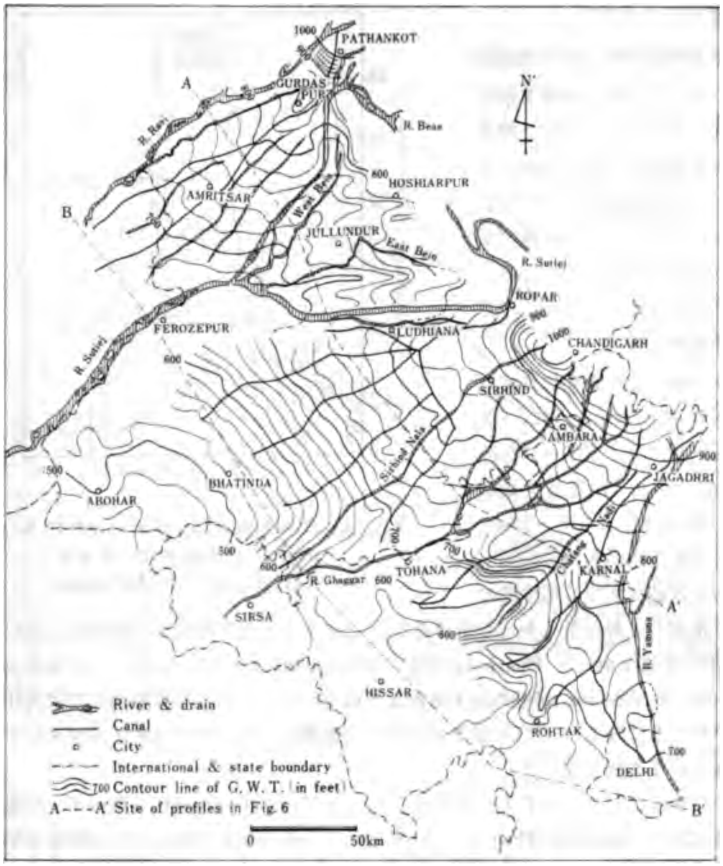


Fig. 5 Ground water table at the biginning of canal irrigation (June, 1895)。

の発展にきわめて有利な条件を備えていた。

パンジャーブがイギリス領になったのは1849年である。それ以前にも高水期にのみ河川水を用水路に導入する溢流灌漑 inundation irrigation はあったが，イギリスは領有後，パンジャーブにおける灌漑の重要性に着目して，大規模な用水路灌漑への投資を行った。かくして近代的な灌漑用水路として最初に完成したのは，1859年にラビ河上流 Madhopur の頭首工から取水するバリ・ドアーブ用水路であり，じらい乾雨季に制約されずに灌漑できる周年用水路 perennial canal が各地につぎつぎと建設されていった。灌漑用水区 canal tract はFig. 1 のように分けて管理されているが，各用水はたえず頭首工の改善および用水路の改良と延長によって灌漑面積を広げていった。その主な内容を Table 3 に示す。

パンジャーブでは，独立後つぎつぎと大規模な灌漑事業が遂行されている。最大の事業はバークラ・ナンガル計画 Bhakra-Nangal Project であって，サトレジ河に築造された多目的のバークラ・ダム（高さ226m，長さ518m）を中心とする河川総合開発である。そのうちの灌漑計画（バークラ用水系 Bhakra Canal System の建設）は次の3本の柱からなる。すなわち，①ダムからの水（流量 354 cumec）にまかなわれるバークラ主水路(BMC）の新設，②ルパール頭首工の改良によるシルヒンド用水区の流量増加(99 cumec)，③ビスト・ドアーブ用水区（流量39.6 cumec）の新設である。後二者の完成は1954年であり，前者はバークラ・ダムの完成（1963年）以後に本格的に通水された。バークラ用水系全体の灌漑用水量は509.7 cumec，それによる灌漑面積は約400万 ha，そのうち240万 ha は新しい灌漑区域であり，したがってバークラ・ナンガル計画の完成によってパンジャーブの水文循環は独立前より一層広範な人為的影響を受けることになった。なお，印パ分離後長らく係争の続いていたラビ・ベアス，サトレジ河の水は，1960年の協定によってインド側が利用できることになったので，それらの水を東側の流域に分流させ，パンジャーブ・ハリアナ州南部およびラジャスタン州に灌漑する計画が進行中である。

2) 用水の管理と土地利用

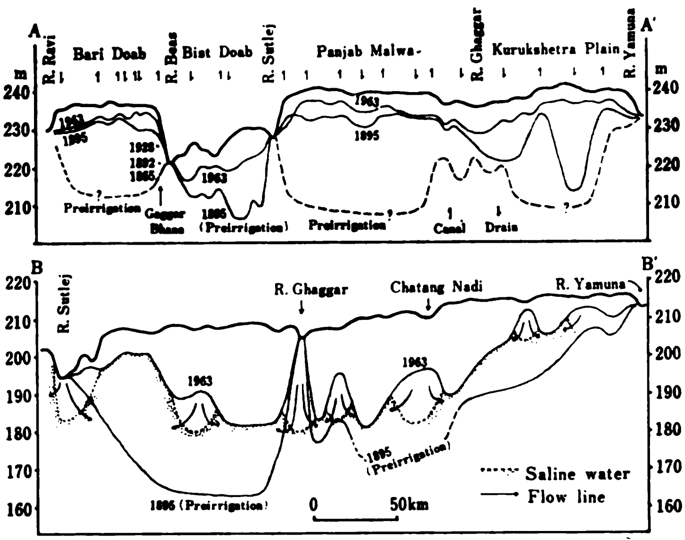


Fig. 6 Water-table profiles along lines A-A′ and B-B′ in Fig. 5

インドの灌漑事業は，主として投下資本の大きさから大規模事業 Major and medium works と小規模事業 Minor works に分けられる5)。パンジャーブ地方の用水路はすべて Major であり，その築造・維持は，1866年以降，インド政府の命令監督下におかれた各州公共事業局の所管におかれる。用水区の管理組織は，例えば UBDC の場合，Amritsar にある本局 Superintended engineer head quarter の下に，Division，Subdivision，Section へと細分されている。

Table 3 Canal irrigation tracts in the Punjab

Canal tract	Opened	River	Headworks	Tract area (M. ha)	Irrigated area (M. ha)
Upper Bari Doab Canal (UBDC)	1876*	Ravi	Madhopur	85.1	38.5
Bist Doab Canal (BDC)	1954	Sutlej	Rupar	97.2	2.4
Ferozepur Canal (FC)	1933	〃	Ferozepur	15.8	14.8
Sirhind Canal (SC)	1882	〃	Rupar	115.5	107.0
Western Yamuna Canal (MYC)	1875*	Yamuna	Tajewara	127.6	120.0

* The canals without permanent headworks constructed in 1859 (UBDC), 1820 (WYC) respectively.

各用水区の給水系統はほぼ統一されていて，頭首工 headworks で取水された用水は，主水路 main ―支水路 branch―分水 distributary―小分水 minor distributary を通じ，放水口 outlets から圃場用水路によって圃場に灌水される。その事例研究として藤原他(1977)があり，Fig. 7 はそこで示された UBDC の1971年4月～1972年3月の通水実績である。これをみると，6月初めから9月末までのカリフ作期間は，ラビ河から7,000 cusec 近くの水が UBDC の主水路に取り入れられ，4つの支水路にそれぞれの公称流量いっぱいに流されている。この期間はラビ河は豊水期であり，流量は 10,000 cusec をこすので UBDC への供給能力は十分にある。しかし，9月下旬からラビ河の流量は急激に減じ，10月中旬には 4,000 cusecs をきり，11月中旬～翌年1月下旬までは2,000 cusec まで減ずる。このため，UBDC では10月から翌年5月まで番水制 rotational system をとり，4本の支水路に8日間だけ順番に通水している。しかし分水以下では番水制をとらず，支水路に通水されている時は分水・小分水に容量一杯の水が流さ

5) Minor としては，小貯水池，井戸，小水路などがあり，歴史は古く，インド全灌漑面積の 2/3 を占める。管理は州によって種々の局（農業，灌漑など）に所管され，ために Major との間に灌漑活動の重複があり，能率を低下させることが多い。

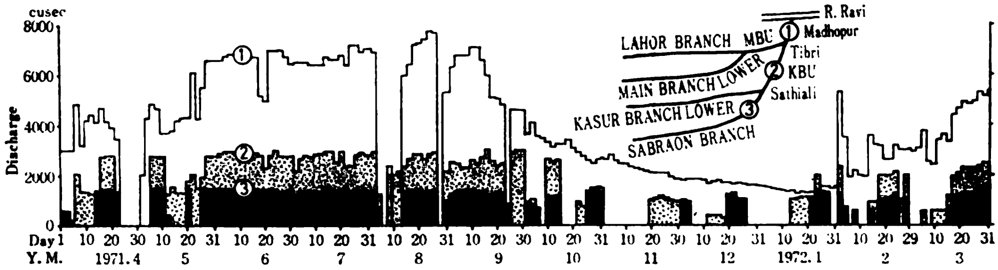


Fig. 7 Canal discharge of UBDC from April 1971 to March 1972

れ，それを農民は適宜圃場に導いている。その使用料は，UBDC の職員が村のパトワリ *patwari*（村書記）立合いの下に調べた作物別作付面積によって算出され，UBDC に支払われる。こうした料金算定なので，農民は圃場に水を掛け流し，貴重な用水を浪費しているケースが多い。

パンジャーブの沖積台地では，従来地下水位の比較的浅い所（マンジャ *manja*）に井戸灌漑耕地[6]（チャイ *chahi*）がみられた他は，大部分は天水耕地（バラニ *barani*）であった。用水路建設の進展に伴ない，天水耕地は急速に用水路灌漑耕地（ネリ *nehri*）に切り替えられていった。これを村落単位でみると，UBDC の支水路サブラオンに沿う Gaggar Bhana 村では全耕地中の用水路灌漑耕地の比率は通水の始まった1901/02年の19.3%から33.3%（1910/11年），66.2%（1924/25年）と急増し，1960/61年以降は94%という高い割合を示している。一方，バラニ卓越地域のハリアナ州 Hissar 県 Mangali 村についてみると，WYC-B のハンシー支水路末端にあった頃はわずかばかりのネリ（カリフ9.0%，ラビ11.7%）は用水不足に悩まされていたが，1964年にバークラ用水系に編入されるや安定した給水が可能となり，ネリも急増して，1966/67年にはカリフ21.0%，ラビ31.2%，1971/72年カリフ29.6%，ラビ36.7%となった。Table 4にパンジャーブ，ハリアナ両州の灌漑率およびその水源別割合を示したが，灌漑率は1968/69年現在

Table 4 Landuse and source-wise irrigation in Punjab and Haryana States (1968/69)

	Classification	Punjab State		Haryana State	
		Area in thousand hectares	Percentage	Area in thousand hectares	Percentage
Landuse	Total area	5,028	100.0	4,400	100.0
	Forests	114	2.2	92	2.1
	Unculturable land	638	12.7	483	11.0
	Fallow & waste land	336	6.6	552	12.5
	Net area sown	3,940	78.4	3,273	74.4
	(Net area irrigated)	(2,652)	(67.3)	(1,312)	(40.1)
Source-wise	Net area irrigated	2,652	100.0	1,312	100.0
	Canals	1,294	48.7	907	69.2
	Tanks	—	—	2	0.1
	Wells & tubewells	1,352	50.9	385	29.3
	Other sources	6	0.3	18	1.3

(Report of the Irrigation Commission, Vol. 2, 1972)

6) 揚水手段としてはペルシャ井戸 *perisian wheel*（ラハト rahat）が大部分であるが，地下水位の深い西南部では牛ひきつるべ井戸（チャラス *charas*）で行われてきた。

でそれぞれ67.3%，40.1%まで高まっている。

V 用水路灌漑後の水文循環の変化

1) 地下水位の上昇

用水路灌漑の普及は，，パンジャーブの農業生産を飛躍的に増大させたが，他方では新しい問題，つまり地下水位の急激な上昇とそれによる農地の湿性化と塩性化とを発生させた。湿性化・塩性化は用水路の建設12～15年後に現出したが，特に1925年の異常降雨の後重大視され，その対策として塩害調査委員会(WIC)，ラホール灌漑研究所（IRI, Lahore）などいくつかの調査機関が設置された（UPPAL, H. L., 1972)。

地下水位上昇の経過は，1895年以来の組織的観測によって詳しくたどることができ，その1例としてFig. 8にUBDCの6月水位[7]の変動を示す。用水路灌漑直後の地下水位上昇速度がきわめて大きいことは，III節の脚注4）でふれたが，後述するバークラ用水系の例によっても明らかである。いま，UBDCの本格的通水（1876年）以前の地下水位を低位安定期，1876～95年を低位→中位上昇期とすれば，Fig. 8に示される1895年以降の地下水位変動は，深さ6.0m前後の適度な水位を保っていた中位安定期(1895～1942年)，数年おきの豪雨で段階的に急上昇した中位→高位上昇期（1943～1956年）および全体として3.5mの深さに横這いした高位安定期（1956年以降）に分けられる。農地の湿性化が深刻になったのは，中位→高位上昇期であり，高位安定期ではモンスーン直後の9月になると1.5m未満の湿性化地域が広く出現する(Fig. 11)。なお，1968年以後，地下水位は低下の傾向にある。

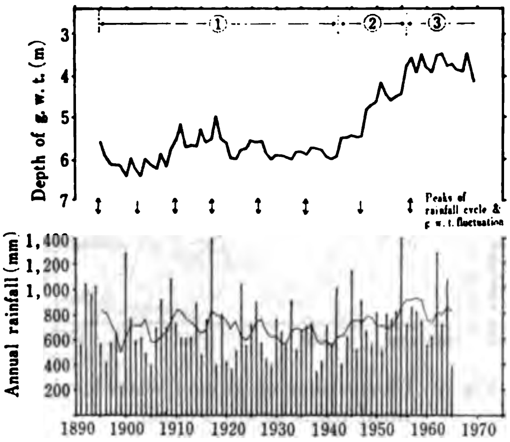


Fig. 8 Correlation between ground water-table in UBDC and annual rainfall at Ludhiana.
① Stabilized period at middle level
② Rising period from middle to high level
③ Stabilized period at high level

次に各用水区ごとの1940年以降の地下水位変動をFig. 9に示す。用水区によって多少の違いはあるが，大局的には2つのグループに分けることができる。

第1グループはUBDCの変動とよく似たカーブを示すもので，SC-A，FCがこれに属し，WYC-Aもこれに近い。中位→高位上昇期には平均0.10～0.13m/年の上昇を続け，1956年以降2.0～3.5mの深さに安定している。ただし，WYC-Aでは1956年以降も上昇を続け，現在1m未満のひじょうに浅い地下水位を示す。

第2グループのSC-B, WYC-Bはバークラ用水系からの灌漑区である。1954年のバークラ用水系通水前，地下水位は20m以上の深さにあったが，第1グループの中位→高位上昇期によく似た段階的上昇をしていた。この期間の平均上昇速度は0.15m/年である。ところが，バークラ用水系の通水によって，1955年から0.55～0.65m/年の速さで急上昇し，現在，10～15mの深さに達したが，いぜん急上昇のすう勢を持続している。なお，BDCはバークラ・ナンガル計画によって開発された用水区であるが，地下水位の変

7) 用水区全域に設けられた観測井の値の平均値

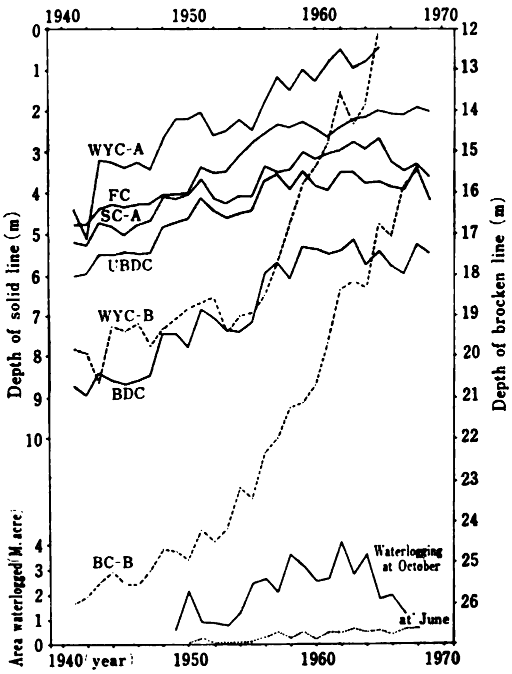


Fig. 9 Fluctuations of ground water-level in canal tracts of the Punjab.

動曲線からみると，むしろ第1グループに近い。

2) 地下水流動の逆転

用水路灌漑前の地下水は，河川水の伏流(Sc)によって涵養されているが，用水路灌漑後は逆に河川への流出（Bc）に転じた。Fig. 10はパンジャーブの地下水位が最も高まった1963年6月の地下水面である。1895年にくらべて，UBDC・SC-A・WYC-A では4～8 m 程度上昇するとともに，扇状の等深線はさらに外方に拡大して，SC-B・WYC-B にも波及した。その断面を1895年と比較してFig. 6に示した。BDCを除くすべてのドアーブの地下水位は，両側の河川水位より高くなり，したがってドアーブ地下水から河川への流出の存在を物語る。すなわち，用水路灌漑前の伏流涵養に対し，流出涵養の関係になり，地下水の水文学的循環が全く逆転したことになる。また，各ドアーブの地下水面は3～5 m の起伏を示すが，その嶺の部分はいずれも用水路の位置に合致し，用水路から漏水（Lk）が多いことと物語る。

WYC-B では，バークラ用水系沿岸をはじめ，それからの補給によって流量を増した既設の用水路沿岸において，地下水位が急上昇した。特に，ガガール川およびチャウタング川に沿って走るバークラ用水系のロリ支水路と WYC のハンシー支水路付近に顕著な地下水嶺が形成され，それにはさまれた地域は舟底状の地下水面となった。また，サトレジ河沿岸のフェロゼプール用水区の地下水面の上昇も顕著である。一方，ビスト・ドアーブでも，1954年の BDC の開削によって，地下水面が全般的に上昇したが，ドアーブ下半部の地下水位はいまだ両側の河川水位より低い。

こうしたドアーブ中央の盆状ないし舟底状地下水面地域では，地下水中の塩分濃度がすこぶる高い。Fig. 10にパンジャーブ農業大学方式[8]で分類した1960年代初めの地下水の水質分布を付記してある。農業用水として不適な地下水（EC 4,000μ℧/cm 以上，RSC 5.0me/l 以上）は，前記盆状ないし舟底状地下水面地域に合致し，農業用水に適合する地下水（EC 2,000μ℧/cm 以下，RSC 2.5me/l 以下）は扇状地下水面，地下水嶺地域および河川沿岸に分布する。地下水面と水質との関係を模式的に表現したのがFig. 6-b である。ドアーブ中央の地下水中塩分集積の機構は，側方および垂直的な地下水の流れと地表面からの蒸発散によって説明されているが，(Greenman, D. W., *et al*, 1967)，この際問題になるのは，こうした深い地下水面から果して蒸発散が行われるかどうかである。土壌サブシステム中の水分の上下移動およびその上下への循環については未解決の点が少なくないが，一般に活発な蒸発散を支える地下水面の“限界深

8) パンジャーブ農業大学方式とは次の基準による。

	適合	準適合	不適合
電気伝導度 EC (μ℧/cm, 25°C)	<2,000	2,000～4,000	>4,000
炭酸ナトリウム残査 RSC (me/l)	<2.5	2.5～5.0	>5.0

電気伝導度は塩分総量を指示し，土壌中の塩類集積に関係する。灌漑用水中の RSC はそのアルカリ度を決める。パンジャーブの地下水中には過度のほう素とふっ素が含まれる。

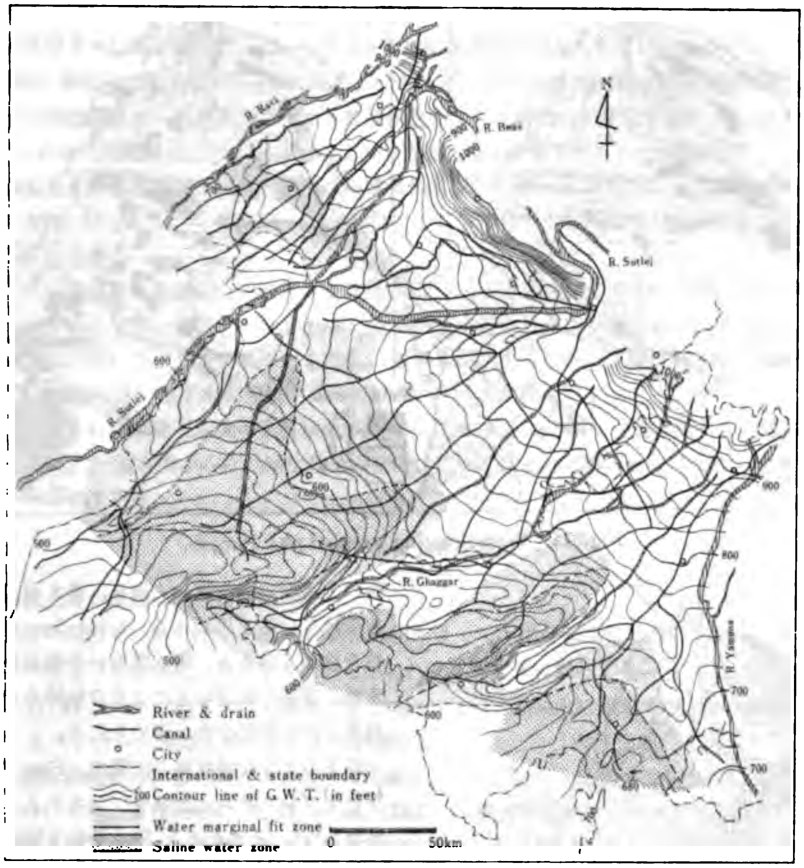


Fig. 10 Water-table and chemical quality of ground water at the stage of high level (June, 1963)

度" は1～3m であり，土質と気候（気温と湿度）がそれに関係する。それ以深になると急速に減少するが，高温乾燥下では深い地下水面からでも蒸発散損失は多少行われているといわれる。例えばパキスタン側パンジャーブでの試験によれば，地下水位の浅い河畔では蒸発散による地下水損失が年間1ft 以上であり，これにくらべると，地下水位60ft のドアーブ中央での損失は微々たるものであるが，年間およそ1.5 inch 程度と見積られている。地下水位の深いドアーブ中央の高塩分地下水の成因を解くには，下流方向への流動とともに，土壌サブシステムを通過する垂直的な水分の挙動を知る必要がある。

3) 蒸発散の増加と農地の湿性化・塩性化

地下水位の上昇の結果，各用水区には地下水位の非常に浅い湿性地（セム *sem*）が出現した。Fig. 11はパンジャーブで地下水位が最も高まった時期（1963年）の，6月と10月の地下水位0～1.5m，1.5～3.0m および10m 以上の区域を示す。図から次のようなことが知られる。

① 10m 等深線には大きな季節的変化はないが，3m 以浅には大きな変化が認められる。モンスーン直後の10月には，各用水区は末端部を除いてほぼ全域で3m 未満となる。

② これを地域的にみると，パンジャーブ平原中央を北西―南東に横切る幅広い一帯，これと同方向に走る山麓寄りの細長い一帯，およびサトレジ河左岸・ヤムナ河右岸の沖積低地帯である。沖積低地帯は河川からの氾濫と伏流によるが，前二者はそれぞれ Delhi Shahpur および Ludhiana-Jullundur 埋没隆起

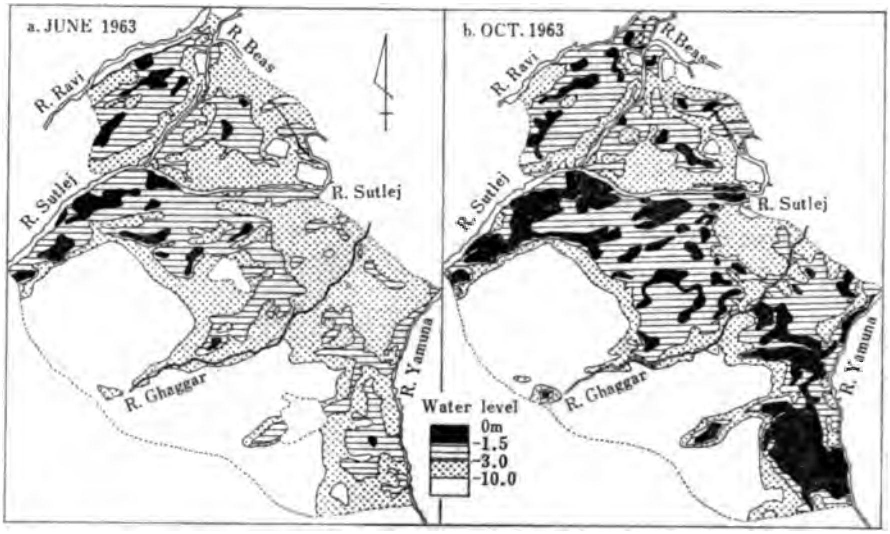


Fig. 11 Waterlogging area of the Punjab.

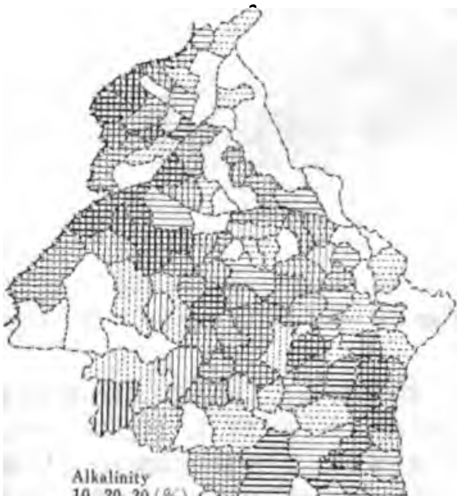


Fig. 12 Salinity and alkalinity hazards of soils in the Punjab.

帯の上流側（向斜域）に当り，帯水層の構造の影響を受けていると思われる。なお1.5m 未満の地下水位を細かくみると，用水路沿いの細長い分布と，用水路，道路，鉄道などにより自然排水を遮断されて発生した点在的分布が認められる。

以上のような湿性地の出現は，Fig. 2 における地下水サブシステムと土壌サブシステムとの接合にほかならない。そうなると，降水量の２倍近い最大可能蒸発量を有するパンジャーブでは，地下水サブシステムの水は毛細管作用によって土壌中を上昇し地表面から活発に蒸発散することになる[9]。その際，地下水に溶解されていた可溶性塩類が土壌表層に集積し，含塩土壌 saline soil やさらに進行した含塩アルカリ土 saline-alkali soil が形成される。これらをパンジャーブではタル *thur* と呼んでおり，肥沃な農地も作物が成育しえない不毛な土地となる。活発な蒸発散を支える地下水の限界深度は，パンジャーブに広く分布する砂質ロームの場合1.7m 前後で，それ以下3.0m の深さでも毛管的水分上昇は多少行われているといわれる[10]。

含塩土壌は，以上のような毛管型のほかに沖積低地沿いに生成する氾濫型があるが，両者あわせたパ

9) 湿性地が広がるのは，モンスーン期とその直後の８・９・10月である。今，Ludhiana におけるこの３カ月の水不足量（可能蒸発量―降水量）を小収支図（Fig. 3）から読みとって合算すると 180 mm となる。湿性地では地下水からの上昇水分によってこの量の大部分が賄なわれていると思われる。

10) 西シベリアの限界深度は1.7～2.0m，中央アジアでは３～3.5m（VOVDA, V. A., 1973）

ンジャーブ・ハリアナ2州の塩害地面積は300万エーカー（1958年10月調べ）といわれ，そのうち131万エーカーが地下水位0～1.5m，44万エーカーが1.5～3.0m の地域に発生した(UPPAL, H. L., 1961)。これを地区 District 単位に示したのがFig.12である。一般にパンジャーブの土壌は気候帯に対応して，北東から南西に向って赤色褐色土・熱帯乾性褐色土・乾性褐色土・灰色砂漠土が分布するが（ALEXANDER, T. M., 1972)，これに上記地表付近の水分状態によって含塩土壌・含塩アルカリ土が帯間的に分布する。作物に生長障害を与える塩類濃度とアルカリ度は，電気伝導度0.8μ℧/cm，25°C 以上および pH 8.7以上といわれ（SEKHON, G. S., *et al*, 1972)，Fig. 12はこの基準に合う土壌が地区の分析総数に占める割合でもって表現してある。

含塩土壌が多いのは乾性褐色土分布地帯の中，特に地下水位が年間を通じて3m 未満にある所(Fig. 11の a）にほぼ一致する。一方，含塩アルカリ土は，上記含塩土壌の分布よりやや南側にずれた分布を示す。ただし，地下水位が深いラジャスタン州近くでも，夏季に氾濫する川沿いや灌漑用水路末端付近の排水不良地，さらに Na 塩の多い地下水を灌漑する所では高いアルカリ度を示す。

水収支の上からみれば，地下水位の上昇は土中水分の上昇（Cp と As）と地表面からの蒸発散（E）の流れを増加させたが，塩収支からみれば塩分は蒸発散によってほとんど運ばれないため，地表付近に集積する結果となったのである。

VI　地下水位上昇の原因

1）　地下水位上昇の原因に関する諸説

地下水位上昇の原因については，1925年の異常降雨によって土地の湿性化が進行するや，多くの人々によって論じられるようになった。その中で重要と思われる見解を次に要約する。

WILSDON, B. H. (1925) は地下水位上昇は主としてモンスーン期降水に起因するとし，MCKENZIE T. *et al*,（1929）もモンスーン期降水がスムースに処理されないと土地の湿性化が進行すること，地下水位上昇に及ぼす用水路灌漑の影響と降水の効果とは明確に区別して論ずる必要があることを説いた。用水路灌漑の影響についても，WILSDON, B. H. *et al*,（1927）は灌漑耕地からの浸透よりも用水路からの漏水を重視し，年間の地下水面の上昇量の約 1/3 を占めていることを指摘した[11]。用水路からの漏水および道路・鉄道・用水路による自然排水の遮断は，その後多くの研究者によって重視されたが，HAIGH, F. F. (1944) は地下水位が浅くなったことによって，降水期の地表面からの浸透およびさとうきび，水稲などの Wet irrigation 耕作地[12] からの浸透が地下水面上昇に効果的に働いたことを強調した。

このように，第二次大戦前には地下水位上昇の原因と思われる因子は，いちおう出揃っていたといえるが，それらの量的関係を算定し，地下水位上昇を抑止する対策を講ずるまでに至らなかったようである。

2）　地下水位と降水量との関係

地下水位と降水量との関係を，まず両者の経年変化によって検討する(Fig. 8)。年降水量は UBDC 内で得られなかったので，UBDC からやや離れてはいるが気候条件のよく似た Ludhiana の観測値を用いた。降水量と地下水位との関係をFig. 8から読みとると，①1,000mm 以上の大雨とその半分も降らない寡雨とが，頻発するが，地下水位はその翌年に必ず上昇あるいは下降している。古くは1900年・1909年・1917年が，近くは1942年・1955年・1962年が地下水位上昇をもたらした多雨年である。これらの多雨はモンスーン期の降水によってもたらされたものである。②降水量と地下水位は長短いくつかの周期をもって

11）用水路は水を耕地へ自然流下させるため，天井川状に周囲の地盤より高くしてある。その上，内張りをしていないので，用水路からの漏水が多い。UBDC からの漏水率は，主水路で15%，支水路6%と推定されている(ROBERTS, W. *et al*, 1951)。また主水路支水路あわせて18%という計算もある(UPPAL, H. L. *et al*, 1958)。

12）Gaggar Bhana 村の場合，水稲作付面積は1940年代後半から1960年代前半までの間に飛躍的に増加した（藤原他，1977)。

規則的に変動する。その一つはFig. 8の矢印で示す約10年周期であり，降雨サイクルの振幅は600 mm から800mm の間，およそ200mm である。より長い周期は50～60年の変動であり，中位安定期中の1910～20年および高位安定期の1955～65年のピークに当る。特に1955～60年には二つの周期のピークが重複している。このような降雨サイクルの存在は，Fig. 8に点線で併記した Delhi のデータにも認められる。したがって，多彩にみうけられる地下水位の変動も，まず一義的には降水変動によって決められているとみなければならない。

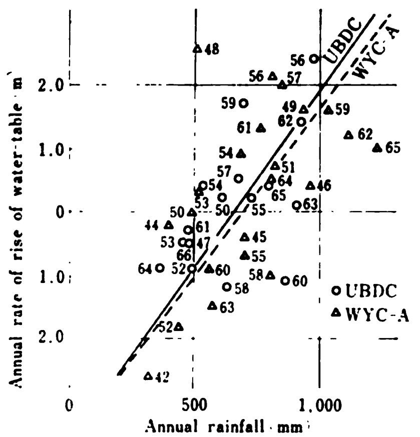


Fig. 13 Reciprocity between rainfalls and water-tabel (Rainfalls of UBDC and WYC-A are values at Amritsar and Delhi, respectively).

そこで両者の関係を量的に検討するため，年降水量と年間地下水位変化量との相関を UBDC と WYC-A において求めてみた (Fig.13)。期間のとり方は，地下水位変化量を前年6月から当年6月まで，年降水量を前年1月から12月までとした。年によってかなりばらついているが，全体として両者には相関が認められる。今，地下水位変化が零の時の年降水量を回帰直線によって求めると，UBDC では600mm，WYC-A では685mm の値を得る。実際の年降水量がこの値より多いか少ないかによって，翌年6月までに地下水位は上昇または下降することになる。ちなみに両用水区内の年平均降水量をみると，前者は725mm (Amritsar 563mm と Gurdaspur 887 mm の平均値)，後者は730mm (Karnal 800mm と Delhi 660mm の平均値) である。このことは年平均降水量より少ない降雨の年でも，地下水位が上昇してきたことを意味する。

3) 地下水位と灌漑用水量

用水路灌漑開始直後の地下水位の上昇は，目をみはるものがある。バークラ用水系通水による SC-B や WYC-B の1955年以降の急上昇はまさにこれを実証するものであり，ここでは地下水位に与える灌漑用水の影響は，降水量のそれをはるかに上回るものがある。

一方，第1グループの用水区 (UBDC, SC-A など) では，前述したごとく地下水位変動に対する降水量の貢献は明確である。しかし，それだけでは地下水位変動を説明しきれない。特に1942年以降の中位→高位上昇期の地下水位の急上昇には降水量のほか，別の要因が働いていたとみなければならない。その要因として1) で列記した人為的諸要因があげられるが，その中で最も重要と思われる灌漑用水量について UBDC の例をみることにする。

UBDC は周年灌漑用水路とはいえ，当初の通水はラビ河の流量が豊富になる4月初め～10月初めの期間に限られていた。時には水不足のために，9月にも通水を停止することが多かった (SINGH, S. G. *et al.* 1928)。こうした状態は1945年に頭首工と用水路の改良によって改められ，取水量も6,800 cusec に増加され，さらに1954年には10,000 cusec まで引き上げられた (UPPAL, H. L., 1965)。そしてこれに伴ない，水稲の作付面積が飛躍的な増加をみせた。

このような灌漑用水量の増加は多かれ少なかれ各用水区においても行われてきたことであって，それが中位→高位上昇期の重要な原因になっている。そこで UPPAL, H. L. *et al.* (1965)は，UBDC において年ごとの地下水位変動量と年降水量との相関を求め，それによって地下水位変動への降水効果と灌漑用水効果とを計算した[13]。これによると，UBDC では地下水位上昇をおこさない年降水量の限界は660.4mm,

13) 期間のとり方は，地下水位観測の月にあわせて，いずれも6月から翌年5月までとっている。

年降水量＋年間灌漑用水量の限界は1,216.2mm と求められた。THORNTHWAITE の PET は Amritsar 1,315.6mm, Gurdaspur 1,316.0mm であるが，年降水量＋年間灌漑用水量の限界値はそれよりおよそ100mm 少ない値である。UBDC では1945年以降に用水路の供給能力が増加すると，しばらくは降水量の増減を考慮せずに，毎年630mm 前後の用水が流された。そのため年降水量十年間灌漑用水位の値は1944～45年以降，毎年1,216.2mm の限界値をこえ，その超過量の多かった年ほど地下水位の大きな上昇を記録した。そこで1953～54年頃からは，降水量の増減に対応して灌漑用水量を調節するようになり，降水量の多い年には400～450mm まで減らした。1956年からの高位安定期への移行は，こうした灌漑用水量の調節が効果したと考えられる。

VII　水文循環の人為的調節

1)　地下水位安定化の実態

年平均0.12～0.18m の上昇を続けてきた用水区第1グループの地下水位は，1956年頃からいっせいに上昇を停止ないし鈍化させはじめた。湿性地面積はなお増加し続けたが，1962～63年をピークにして減少し，1970年代に入るといずれの用水区でも湿性化の被害から免れるようになった。多くの水利関係者は，これをもって多年にわたる湿性化防止対策の成果と評価し，地下水位は今後適度の深さに安定されるであろうと期待している。

UPPAL, H. L. (1972), SHARMA, R. P. *et al* (1972) をはじめ多くの研究によれば，地下水位安定の始まりを湿性地面積がピークに達した1962～63年とする考えが多く，またその安定要因として①1966～68年の干ばつのほかに，②排水路の掘さく，③洪水調節，④チューブウェルによる揚水など一連の湿性化防止対策をあげている。しかし，防止対策が本格化したのは1960年代に入ってからであり，地下水位の安定しはじめた1956年より遅い。したがって，地下水位の安定化を上記の防止諸対策の成果にのみ帰するのは妥当でなく，それに先行するなんらかの要因があったとみなければならない。筆者（1976）は先にこの点を詳しく検討し，1956年にはじまる地下水位安定化の主因は，①1943年以降の中位→高位上昇期の原因であった大雨サイクルの終えん，②湿性地増加に伴なう実蒸発散の急増にあるとし，これら自然的要因に加えて灌漑用水量の調節，特に1960年代に入ってからの排水路の掘削，チューブウェルによる揚水など人為的要因が有効に働いたと結論づけた。

湿性化防止対策が目立って効果を表わすのは1965年以降であり，なかでもチューブウェルによる地下水揚水および排水路の掘削は，湿性地の地下水位を積極的に低下させつつある。パンジャーブにおけるチューブウェルの導入は，Amritsar 近くで1911年に初めて行われ，また流量不足を補うため WYC でも1949年に採用されたといわれる。しかしその数は当初あまり増加せず，1960/61年にパンジャーブ州全域で7,447基あったにすぎない。しかし，地下水位の上昇抑止に有効であり，あわせて用水路灌漑と違ったきめ細かい灌漑ができることもあって，その数は折からの「緑の革命」の進行に伴なって飛躍的に増加した。パンジャーブ州でも1971年に93,000基，1972年に128,490基と急増しさらに州政府の Minor 灌漑計画によって今後さらに大規模な掘削が予定されている。その分布は SC-A および BDC に多く集中し，一地区に1,000～2,000基導入されている場合が多いが，すでに5,000～8,000基という過密ぎみの地区もある。

ちなみに Amritsar 県 Gaggar Bhana 村の例では，チューブウェルの最初の導入は1963年であり，じらい大いに普及して1972年には85基を数えた。それらの間隔は普通200～400m であるが，100m に満たない場合もある。井戸相互が干渉しない適正間隔は Amritsar 県の場合500～900m とされており (SHARMA, R. P. *et al.* 1972)，これを基準にすると Gaggar Bhana 村のチューブウェルはすでに密集しすぎているといえる。チューブウェル1基当りの年間揚水量は UBDC 平均で30 AF といわれるが，この値を用いて Gaggar Bhana 村85基のチューブウェルが年間に地下水位を低下させ得る深さを求めると，約15.3 ft

(4.67m) となる (藤原他, 1977)[14]。事実, 1962/63年の排水路掘削以来横這い状態にあった村の地下水位は, チューブウェルが急に増した1968年頃から低下傾向に転じている。また, こうした最近の地下水位の低下により, チューブウェルの揚水能力が減退して井戸の掘り下げを必要としたり, 土湿の減少によりカリフ作の米の減収とラビ作の小麦の増収という皮肉な現象すら起っている。

以上のように, 湿性地防止対策の決め手として採用されたチューブウェルは,「緑の革命」進行につれて用水路灌漑に比肩し得る有力な灌漑手段とされるほどになり, パンジャーブでは1960/61年当時, 用水路灌漑面積の半分にも満たなかった井戸灌漑面積は1968/69年にはそれを追い越した(Table 4)。さらに現在, 用水路灌漑に適さない地域の灌漑手段として, チューブウェルによる地下水利用が Minor 灌漑計画としてもくろまれているが, それらは各州の農業局によって個別に推進されているので, 用水路の水管理と無関係に実施される例が多い。こうした過度の地下水利用およびそれと用水路灌漑とのアンバランスは, 当然水文循環に影響を与えずにおかず, パンジャーブの水問題はこれまでの耕地の湿性化・塩性化とは全く違った新しい局面に立ち至ったといえる。

2) 水文循環の人為的調節

水文循環の安定とは, とりもなおさず各サブシステムへのすべての涵養とそれからのすべての流出とが動的平衡にあることにほかならない。乾燥地域の灌漑地においては, 土壌中への塩類集積という難かしい問題があるので, 望ましい動的平衡とは地下水位を塩類集積が生じにくい適切な深さ[15]に維持することである。かかる状態を維持してゆくには, 地下水貯留槽につながるすべての水の流れを量的に把握し, それを基礎にして灌漑計画をたてることである。

パンジャーブには長年にわたる観測資料の蓄積や個別的問題についての分析はあるが, 以上の観点から総合的に用水区の水収支を考察した研究例は意外に少ない。Table 5 はそうした数少ない研究例を整理して得られたパンジャーブ州の用水区別地下水貯留量の変化と水収支の数値である。地下水貯留量変化の算出方法は, 1941～1965年および1963～1968年における地下水位の年平均変動量に, 灌漑面積および帯水層の比産出量を乗じたものである。1941～1965年の, いわゆる中位→高位上昇期におけるパンジャーブ州全体の地下水貯留量は, 年平均656.22百万 m^3 の増加をみせた。この数字は, 地下水サブシステムの動的平衡に影響を与えずに毎年利用し得る安全揚水量 safe yield を示す。しかし, その大きな部分はバークラ用水系による新規灌漑, すなわち BDC と SC-B の増加分によって占められ, UBDC・FC・SC-A の総量は

Table 5 Tract-wise variations of ground water storages in Punjab State (M.m³/year)

	Variation of g. w. storage		Water balance(3)		
	1941-65(1)	1963-68(2)	Recharge	Discharge	Balance
UBDC	91.28	− 74.78	3,171	1,950	1,221
BDC	165.29	− 66.09	3,645	1,530	2,197
FC	16.04	5.05			
SC-A	98.68	−111.46	8,623	5,491	3,132
SC-B	284.93	486.51			
	656.22	239.23	15,440	8,971	6,469

(1) SEHGAL, S. R. *et al* (1967), (2) Author, (3) Gurcharan SINGH, *et al* (1972)

14) 村の面積1,667エーカー, 帯水層の比産出量10%として計算。
15) パンジャーブの場合, 4～5m の深さといわれる。

206.02百万 m^3 にすぎない[16]。

次に，1963～1968年の地下水貯留量の年平均変化を上記と同じ方法で計算すると，パンジャーブ州全体で239.23百万 m^3 の増加であり，これは1941～1965年のそれの3分の1強にすぎない。しかも，その増加分はバークラ主水路の灌漑範囲（SC-B）の急速な地下水位上昇に負うていて，他ではむしろマイナスの値を示している。マイナスを示す用水区はチューブウェルによる地下水開発の盛んな所であり，したがってそこではすでに安全揚水量の限度を超えた利用がなされているとみなければならない。現に推進中の Minor 灌漑計画は，湿性化防止対策という当初の目的から離れて，「緑の革命」遂行のための灌漑手段として強行されているきらいがあるが，もう一度水文循環の安定という立場から見直しをする必要があろう。

ところで，Minor 灌漑計画は地下水の安全揚水についてこれとは全く違う楽観的な見方で推進されている。それはパンジャーブ州農業局の水収支計算(Table 5)である。この数字は，地下水貯留量にかかわる涵養と流出の個々の流れを用水区別に算定して求めたもので[17]，パンジャーブ州全体の年間収支を，涵養量15,440百万 m^3，損失量8,971百万 m^3，差引6,469百万 m^3 の増加とした。この数字は，前述の地下水変化から求めた二つの値とはあまりにもかけ離れている。かかる過大な数字が算出された原因は，地下水の涵養量を降水の浸透，用水路からの漏水，圃場灌漑水の浸透，河川・排水路からの伏流の4項目について詳しく求めているのに対して，地下水の損失を井戸揚水のみとし，地表からの蒸発散や河川への流去分を無視したためと思われる。後二者を無視できるのは用水路灌漑以前のように地下水面が深かった場合であって，現在のように地下水面が地表近くにあり，かつ河川水位より高い状態であると，蒸発散や河川への流去分を全く無視することはできない[18]。もし，このような数値を基礎にして地下水の開発が今後一層進められるならば降水サイクルが寡雨期に転じつつあることと重なって，サブシステムの動的平衡を大きく破壊するばかりでなく，地下水枯渇により既設の井戸灌漑の混乱を招来することになろう。

VIII 結　論

インドの灌漑事業は，過去に輝かしい実績をもち，現在も世界に先駆的な役割を演じているが，なお克服すべき多くの難問をかかえている。その一つが水管理の合理化である。本稿の目的は，合理的な水管理の前提として灌漑地の水収支解明が不可欠であるという見地から，パンジャーブにおける水文循環システムの自然的成り立ちと，人為的要因によるシステムの変貌を把握することであった。これまでの考察によって解明できた事柄はおよそ次の通りである。

(1)用水路灌漑以前の水文循環システムは，深い地下水位と，それを涵養する河川水の伏流によって特徴づけられる。降水の大部分は蒸発散ならびに自然排水によって損失し，地下水面まで深く浸透することは少なかった。ドアーブ中央の地下水は深く，かつ高塩分なので井戸灌漑もあまり多くはなかった。

(2) 大規模な用水路灌漑は地下水位を急速に上昇させ，水文循環各サブシステム間の流れを大きく変え

---

16) ハリアナ州の WYC-A と WYC-B の地下水貯水量の年増加はそれぞれ34.54百万 m^3，370.04百万 m^3 であり，これを含めたパンジャーブ・ハリアナ両州全体の年増加は1060.80百万 m^3 である。

17) 例えば UBDC の水収支計算は次の通りである（単位百万 m^3/年）

地下水の涵養 ……………………………………………………………3,645
　降水の浸透：1901～50年間の年平均降水量Rを Chaturvedi 式 $Rp=2\ (R-15)^{2/5}$ に代入……1,074
　用水路からの漏水：州水資源局の資料より ……………………………………1,476
　圃場灌漑水の浸透：年間3 AF/acre の灌漑水の25%が浸透 ……………………1,111
　河川・溜れ水・排水路からの伏流：州水資源局の資料より ……………………68
　塩性地からの涵養 ………………………………………………………81
地下水の損失 ……………………………………………………………1,530
　浅いチューブウェルによる揚水：1基当り年間37,000 m^3 を揚水……………1,234
　その他の揚水：公有深井戸123百万 m^3，現在井戸10百万 m^3 等 ……………296

18) 9) を参照

た。すなわち，地下水位上昇は地表・土壌・地下水各サブシステム間の水分の垂直移動を活発にし，その結果として蒸発散を増した。また，地下水はドアーブから河川へ流出涵養するようになり，それまでの伏流涵養とは全く逆の流れとなった。

(3) 地表面からの蒸発散の増大は，塩分収支に不均衡を与えた。塩分は蒸発散によってほとんど運ばれないためであり，土壌水分中の塩分は地表面付近に集積し広い塩害地を発生させた。

(4) 地下水位変動は用水路灌漑の進展に強く影響されているが，降水サイクルとの関連も深い。UBDCにおいて，地下水位上昇を生じない涵養量の最大値を求めると，降水量だけについてみると年間約660mm，降水量＋灌漑用水量であると，1,216mm となった。これを目安にして，モンスーン期降水の多寡に応じた灌漑用水量の調節が望まれる。

(5)「緑の革命」の進展に伴ない，チューブウェルによる地下水揚水は当初の湿性化防止の目的からはずれ，現在は集約的な農業経営のための有力な灌漑手段として飛躍的にその数を増しつつある。そのため，各用水区における水文循環システムは一層複雑多様化した。地下水の安全揚水量を1963～1968年間の地下水位変動から計算すると，チューブウェルの数はすでに限界に達しているという結果を得た。しかし，Minor 灌漑計画推進当局の水収支計算による安全揚水量は，上記計算値の26倍という大きな楽観的な値である。

(6) パンジャーブにおける用水路灌漑および地下水灌漑は，規模の大きさと多様性において敬服すべきものがある。しかし，一般に事業計画の基礎調査が不十分であるため，事業の進行につれていくつかの予期せぬ事態を惹起させる例が多かった。また，灌漑・農業当局間の調整，当局・農民間の連繋など，技術以外の行政的・社会的な面での問題があり，そのため水資源のきめ細かい管理や有効利用を困難にしている。

〔付記〕 本稿は，1972年度科学研究費〔海外学術調査〕による現地調査の成果の一部である。調査に当り，多くの農業・水利関係機関から多大のご配慮を頂いた。本稿をまとめるに当り，心から謝意を表します。

参考文献

ALEXANDER, T. M. (*ed*) (1972) : 『Soils of India』, New Delhi, 296 p.

DATTA, A. N. *et al.* (1964) : Seismic surveys in the Punjab Plains. Proc. International Geological Congress, India, 1.

FUJIWARA, K. (1974 a) : Gaggar Bhana-A typical village in the Punjab Plains with canal and tubewell irrigation facilities. Geographical Field Reseach in Northwestern India, Dept. of Geography, Univ. of Hiroshima, 146-155.

FUJIWARA, K. (1974 b): Water balance and changes in the ground water table in the Punjab Plains. op. ct. 110-115.

藤原健蔵(1976)：インド・パンジャーブ地方における水問題の新展開．広島大学総合科学部創設記念論文集，165-211.

藤原健蔵・成瀬敏郎(1977)：半乾燥地方の農村にみられる用水路灌漑に伴う土地環境の変化—インド・パンジャーブ州ガガルバーナ村の例—地理科学，**26**，9-23.

福田仁志(1974)：『世界の灌漑—比較農業水利論』東京大学出版会，463 p.

GREENMAN, D. W., SWARZENSKI, W. V. and BENNETT, G. D. (1967) : Ground water hydrology of the Punjab, West Pakistan with emphasis on problems caused by canal irrigation. *Geological Survey Water-supply Paper 1608-H, United States Dept. of the Interrior*, 1-62.

Gurcharan SINGH, SINGH, K. P. and Suresh CHOPRA (1972) : Hydrology and ground water resource of Punjab. *Tech. Rep., No. 19. Dept. Agri., Punjab*, 1-73.

HAIGH, F. F. (1944) : Note on causes of waterlogging in Punjab. Submitted to Waterlogging Conference Punjab, P. W. D. Irrigation Branch.

MCKENZIE, Taylor E., MALHOTRA, J. K. and MEHTA, M. L. (1929) : An investigation of the rise of water table in the Upper Chenab Canal area. Punjab Irrigation Research Institute, Publication, **1**(4).

NAKATA, T. (1975) : On Quaternary tectonics around the Himalayas, *The Science Reports*

of the Tohoku Univ., **25**, 111-118.
成瀬敏郎(1974)：インド・タール砂漠砂丘研究の系譜とその問題点. 広島大学文学部紀要, **33**, 152-171.
成瀬敏郎(1976)：インド・パンジャーブ平原と北部タール砂漠の地形学的研究. 地学雑誌, **85**, 1-18.
応地利明(1974)：インド・パンジャーブ平原における農村の 展開と「緑の革命」—アムリッツァー県ガガルバーナ村を事例として. 史林, **57**, 25-78.
ROBERTS, W. *et al.* (1951)：『A text book of Punjab agriculture』 Civil and Military Gazette, Lahore.
SEHGAL, J. L. (1970)：The soils of Punjab (India). Pedologie (Gent), **22**, 178-203.
SEHGAL, S. R. and GULATI, A. D. (1967)：Increase in gronudwater potential due to rise of water table in canal irrigated tracts of Punjab and Haryana. 37 th Annual Research Session of the Central Board of I. P, Bhubaneshwar.
SEKHON, G. S., RANDHAWA, N. S. and DUGGAL, S. L. (1972)：Soils of Punjab, Fertilizer, **17**, 23-51.
SHARMA, R. P. and SEHGAL, S.R. (1972)：Subsoil water table fluctuations and measures for their stablilisation. Land Reclamation, Irrigation and Power Research Institute, Punjab, Amritsar, 1-21.
柴崎達雄(編)(1976)：『地下水盆の管理—理論と実際』東海大学出版会, 242 p.
SINGH, S. G. and KING, C. M. (1928)：An economic survey of Gaggar Bhana, a village in the Amritsar District of the Punjab, Punjab. Village Surveys, No. 1. The Board of Economic Inquiry, Punjab, Lahore.
SINGH, K. R. and BOSE, R. N. (1963)：Refraction seismic investigations to locate the supposed sub-alluvial Delhi-Shahpur Ridge. Proc. Symp. on Geophysical Exploration, C. S. I. R., India, 190-196.
SINGH, G., JOSHI, R. D. and SINGH, A. B. (1972)：Stratigraphic and radiocarbon evidence for the age development of three salt lake deposits in Rajasthan, India. *Quaternary Research*, **2**, 496-505.
STEIN, A. (1942)：A survey of the ancient sites along the "Lost" Sarasvati River. *Geogr. Jour.*, **99**, 173-182.
UPPAL, H. L. and SEHGAL, S. R. (1958)：Quantitative determination of the absorption losses in the unlined canal system with particular reference to Sabraon and Kasur Branches of Upper Bari Doab Canal. *Tech. Pap. I. R. I., Amritsar.*
UPPAL, H. L. (1961)：Subsoil water and its relation to irrigation system. Seminar on irrigation, drainage and waterlogging problems, Irrigation and Power Research Institute, Amritsar, 1-37.
UPPAL, H. L. and GULATI, A. D. (1965)：Behaviour of ground water table in Bari Doab Tract. *Jour. of the Indian Geophysical Union*, **2**, (3).
UPPAL, H. L. (1972)：Serious waterlogging in Punjab and how ameliorated. Symp. on waterlogging-causes and measures for its prevention, the Central Board of I. P., New Delhi 1-25.
Van Den BERG, C. (*ed*) (1973)：Water and salt balances, 『Irrigation, Drainage and Salinity』 15-54.
VIJ, G. K., SHENOY, R. C. and Power Commission (1968)：Hydrology of Indian rivers. Mountain and River of India, 21th International Geographical Congress, India, 258-303.
VOVDA, V. A., (1973)：Landscapes in Relation to Irrigation, Drainage and Salinity, 『Irrigation, Drainage and Salinity』 155-176.
WILSDON, B. H. (1925)：A note on waterlogging in Upper and Lower Chenab. Punjab Engineering Conference, Lahore.
WILSDON, B. H. and SARATHY, R. P. (1927)：A statistical examination of the sensitivity of water table to rainfall and irrigation. Punjab Irrigation Research Institute, Memoirs, **1** (1,2).
WHIPPLE, F. J. W. (1942)：The variability in India of rainfall and of the growth of population. Q. J. R. M. S. **68**, 301.
吉田栄夫(1975)：パンジャーブ地方の 気候特性に関する２，３の 問題.『インド・パンジャーブの動態地誌的研究』, 252-268.

(1978年１月20日受理)

地学雑誌 87, 3 (1978)

UJNR 海底調査専門部会とその活動

桂　忠　彦*

UJNR Sea Bottom Surveys Panel and its Activites

Tadahiko KATSURA

Abstract

UJNR is formally called as United States-Japan Conference on Development and Utilization of Natural Resource. This is a organization for mutual co-operation between U. S. and Japanese governmental science and technological laboratories. Now there are 16 panels under UJNR for various study fields. In these panels 6 panels are concerned with the ocean.

The sea bottom surveys panel is one of them and the Japanese chairman is Dr. Akio MOGI, who is the director of surveying division, Hydrographic Department and Dr. Gordon G. LILL, Deputy director of National Ocean Survey, NOAA took the U. S. chairman's post. U. S.-Japan joint meeting is holding annually but the place is regularly changed between U. S. and Japan. Last year, 6thj oint meeting was held at Tokyo and next 7th meeting will be held at Honolulu, Hawaii on August 6 to 8, 1978.

At the last meeting, there are many paper presentations which are related to sea bottom survey methods. In these papers, Dr. SATO and Dr. MALAHOFF made their presentations on submarine geology.

Dr. SATO's theme is the structure and origin of the continental margin around Japanese Islands. He discussed submarine geological problems around Japanese continental margin. Continental shelf is divided into 6 types. The genesis of continental shelf is considered as erosion of eustatic sea level change during glacial age and tectonic movement. Lower continental shelf (far less than −140 m) is classified into 4 types. Continental slope and trench slope show absolute rising and absolute subsidence, which offered unsolved problems.

Dr. MALAHOFF reported Baltimore Canyon Slump Sediment Project. This project was carried out at the southern part of Baltimore Canyon off Delaware Bay, U. S. Atlantic Coast side. Ordinary survey and actual observation by submergible " Alvil " were carried out. Sea bottom of the investigated area is consisted of very fine and soft sediment and it covered with older slump sediments which shaped irregular topography. This unconsolidated sediments easily moved down to lower part of continental rise.

* 海上保安庁水路部　Hydrographic Department, Maritime Safety Agency

I UJNR とは

UJNR とは "天然資源の開発利用に関する日米会議[1]" という長たらしい名称の会議の略称である。ではこの会議の性格とはなにかということになると話が又長くなってしまうが，その経緯を簡単に記すと，この会議は1964年の日米貿易経済合同閣僚委員会での勧告に基づき，日米両国政府の合意のもとに設置された。その目的と実際は次のようである。日米両国政府によって資源・環境問題の解決に果たす科学技術の役割の重要性を認識し，両国間でのこの分野における科学技術交流を積極的に推進すること，これから実際の活動は両国政府の行政・研究機関が行ない，基礎科学よりも応用科学・技術の面での経験の交流を主として行なうこととなっている。この会議の構成は，UJNR 本会議（両国担当行政部局の最高責任者で構成される），事務担当官会議（本会議の事務・運営を行なう），専門部会（実際の活動を行なう）からなっている。これら専門部会のうち海洋に関する部会の活動を調整するために海洋資源・工学調整委員会(MRECC)が設置されている(Table 1参照)。

専門部会は現在16あり，各々の専門分野別に調査，研究，情報交換，人材交流など，UJNR の目的に沿った活動が行なわれている。日本側の政府参加機関としては，科学技術庁，外務省，環境庁，厚生省，農林省，通産省，運輸省，労働省，建設省があり，科学技術庁が調整に当たっている。米国側では内務省が調整を行ない，農務省，商務省，保健教育福祉省，環境保護庁，国務省が参加し，国立科学財団が協力援助している。又東京の駐日米国大使館，ワシントン D. C. の日本国大使館は共に本計画の実施，調整などに重要な役割をはたしている。

II 海底調査専門部会[2] とは

UJNR 傘下には16の各専門部会があるが，そのうちの6つは海洋に関係しており，前述した海洋資源・工学調整委員会（MRECC）の調整のもとに運営されている。その6つの部会とは，潜水技術，海洋電子通信，海洋構造物，海底地質，海底鉱物資源，海底調査の各専門部会で，各々の専門分野別に日米両国間での協力活動を行なっている。現在海底調査専門部会の定員は日本側11名，米国側9名となっている。日本側のメンバーは海上保安庁水路部と工業技術院地質調査所の専門家で構成され，部会長には水路部測量課長の茂木昭夫博士が就任している。米側は海洋大気庁海洋測量部[3] 副部長のゴードン・リル博士[4] が前部会

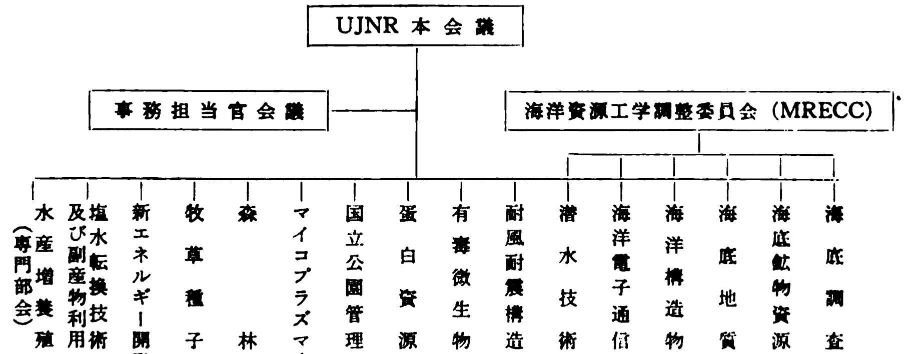


Table 1
Constitution of UJNR Conference and each panels

1) United States-Japan Conference on Development and Utilization of Natural Resources
2) Sea Bottom Surveys Panel
3) National Ocean Survey (NOS), National Oceanic and Atomospheric Administration (NOAA)
4) Dr. Gordon G. LILL

長のハイマン・オーリン博士[5]の後任として就任している。実際の部会活動として，年数回の国内専門部会と毎年一回の日米合同専門部会が開かれている。日米合同専門部会は毎年一回開催地を米国，日本交互に変えて開かれており，昨年10月25，26日には第6回日米合同部会が東京，水路部内で開かれた。本年8月6日には米国ハワイ州ホノルルで第7回合同部会が開催の予定である。

1970年より本格的に活動を始めた当部会のテーマは次の四項目であった。即ち，

(1) データーの交換
(2) 計器の開発に関する情報の交換
(3) 資料の解析に関する情報の交換
(4) 技術者・研究者の交流

その後当部会の活動がこのテーマに沿って発展するのに伴ない，その抱含する領域がしだいに広がり，隣接専門部会の活動範囲と重複する所も出てきた。しかし，この点に関しては，部会の主目的が異なる点から問題は生じておらず，かえって同一の対象に向かって多角的な面から情報収集，調査，研究を行なうことは有意義なことと考えられている。現在，日米両国間で行なわれている海底調査に関する情報，その成果，調査に必要な新技術開発の動向などについて，部会では活発な意見交換が行なわれている。

III　部会活動の具体的内容について

現在海底調査専門部会での共通テーマとして掲げられているものに次のようなものがある。

(1) 海底調査成果の交換
(2) 太平洋におけるシステマティクな調査計画の調整
(3) 調査及び研究の協力に関する計画
(4) 将来期待される日米合同調査のための調査方法の標準化
(5) 新しい技術の開発の促進
　a．水深2000～3000m 以深の海底における地図作成に対し，高価でない効果的な微地形調査システム
　b．側方測深による地図作成のための精密な音響測深
　c．15～20ノットの速力においても高度の分解能と深い透過力を持つ反射法探査システム
　d．遠隔操作による堆積物の性質の調査機器
　e．高価でないリアルタイムデーター処理及び地図作成システム
(6) できるだけ近い将来に，太平洋域の海洋地球物理シンポジウムを開くこと

これらのテーマについて部会活動が進められているわけであるが，これらのいくつかは既に開発されたものもあり，徐々に成果が実を結びつつある。又，(6) のシンポジウム開催については前日本側部会長杉浦邦朗博士と米側部会長リル博士との間で2年前に合意がなされ，来る8月7，8日，第7回日米合同部会に引き続いて，ハワイ大学東西文化センターを会場にシンポジウムを開くことで準備が進められている。去る第6回日米合同会議ではこのシンポジウムの大要が決められた。それによるとメインテーマは最新水路測量法[6]とうたわれ，UJNR 海底調査専門部会を主体として，広く環太平洋諸国の水路技術関係者，海底調査関係機関の専門家の参加が予想される。これは第7回日米合同部会とシンポジウムが7月30日から8月4日まで，同じホノルルで開かれる第2回環太平洋エネルギー・鉱物資源会議に続いて開催されることもあずかっている。

シンポジウムでは下記の項目についての論文発表，意見交換が行なわれる予定である。

（A） 技術
　1．現在の手法の概略総括
　2．新しい方法／技術
　　a．多素子音響測深システム
　　b．サイドスキャン調査方法
　　c．深海曳航式調査方法
　　d．リモート／航空探査方法
　　e．データー自動処理における不要測深データー除去法
（B） 応用（主として太平洋地域）
　1．大縮尺海図
　2．小縮尺海図

5) Dr. Hyman ORLIN

6) Modern Hydrographic Methods

3. 特殊測量
 a. マンガンノジュール
 b. 深海資源開発予定地点
 c. 大陸棚／斜面測量
(C) 水路測量における技術的動向

これらのテーマに沿った発表が予定される。日本側では現在14件の論文と2件のコメントを準備中である。発表された論文は米国側部会の手によりシンポジウム終了後，水路測量のテキストブックとして出版刊行される予定となっている。我々，海底調査部会員は来るべきシンポジウムが成功するよう鋭意努力中であるが，やはり何といっても予算の裏付けが乏しいため，多くの部会員が参加することは難かしく，このシンポジウムに関心を持たれる学識経験者，民間関係者の方々にも広く参加していただきたいものと願っている。

IV 第6回日米合同部会とそのトピックス

昨年10月25，26日開かれた第6回日米合同部会では米国側からNOAA，NOS副部長のリル博士が急に参加不可能となり，NOS主席科学者のマラホフ博士[7]が部会長代理の形で参加し，他に部会員のグリム氏[8]，グラディー氏[9]が参加した。日本からは茂木部会長以下，水路部の佐藤任弘，岩淵義郎，内野孝雄，桂忠彦各部会員，地質調査所の水野篤行部会員が出席し，他に水路部海洋資料センターの二谷穎男所長，地質調査所井上英二海洋地質課長，石原丈実，宮崎光旗各研究官が会員に準ずるオブザーバーとして参加した。会議は10月25日の終日，日本水路部，地質調査所からの海底調査活動にかかわる一年間の活動状況の報告と米国側からNOSとEDS（環境データーサービスセンター）の活動報告が行なわれた。さらに情報交換，論文紹介のテーマでは次のような発表が部会員やオブザーバーからなされた。その演題は次のようであった。

日本側
1. 日本列島縁辺部の構造と起源　水路部　佐藤任弘博士
2. 小型，軽量の電波測位機の研究開発　水路部　内野孝雄氏
3. 最近の水路測量機器開発の動向　水路部　内野孝雄氏
4. NNSS の測位精度　地質調査所　石原丈実氏
5. シングルチャンネルアナログ反射記録の数値処理　地質調査所　宮崎光旗氏

米国側
1. バルチモア海底谷の海底地辷り調査報告　海洋大気庁海洋測量部　マラホフ博士
2. オメガ航法システム用チャート，テーブルの現況　国防地図庁水路センター　ハナ氏[10]
3. 海底工学委員会により勧告された米国の国益に適する大陸棚海底調査に関する報告　レーハイ大学　リチャーズ博士[11]

この中で，水路部の佐藤博士の論文と海洋測量部のマラホフ博士の発表は本誌の性格に沿い，かつ興味深いものであったので，ここで簡単に御紹介したい。

IV-1 日本列島縁辺部の構造と起源（水路部 佐藤任弘博士）

これは1967年以降水路部が遂行してきた大陸棚の海の基本図計画により集積された海底地形と地質構造の資料を用いて，日本列島周辺全域の大陸棚，斜面の地形，地質学的知見を整理，総括したものである。この10ケ年の測量は当該海域を2マイル間隔の平行測線とそれに交差する測線によってカバーし，全測線上で地形，地質構造，地磁気，重力のデーターを収集した（Fig. 1)。

この結果，日本列島縁辺域の海底の様相について，それまでに較べ飛躍的に詳しい議論を進めることができるようになった。佐藤氏は豊富なこれら地形・地質構造データーから個々の実例をとり挙げ，大陸棚，大陸斜面の地形，構造についての分類を行ない議論を進めている。論文の項目は次のようである。

1. 大陸棚の起源とその内部構造
 1）氷河による海水準変動と地殻変動

7) Dr. A. Malahoff
8) Mr. T. Grim
9) Mr. M. Grady
10) Mr. J. Hanna
11) Dr. A. Richards

Survey Year	Area	Ship	Miles	Dredging poi.	Note
S42(1967)	Akita Yamagata	Meiyō	3100	3	1 : 200,000
S43(1968)	Sagamiwan	〃	1600	24	〃
	Sado-oki	〃	4800	18	〃
S44(1969)	Nankai-oki	〃	4800	4	〃
	Hokuriku-oki	〃	800	4	〃
	Isikawa-Okisyotō(W)	〃	5120	31	〃
S45(1970)	Isikari-Rumoi-oki	〃	5650	12	〃
	Toyamawan	〃	850	13	〃
	Sanriku-oki(S)	〃	4750	11	〃
S46(1971)	Sōya-Abasiri-oki	〃	4150	11	〃
	Sanriku-oki(N)	〃	3930	2	〃
S47(1972)	Hiyama-oki	〃	4580	0	〃
	Hidaka-Iburi-oki	Syōyō	6380	14	〃
	Kusiro-Abasiri-oki	〃	9090	19	〃
	Fukui-oki	Meiyō	4970	0	〃
S48(1973)	Nagasaki-oki(1)	〃	3650	2	〃
	Fukuoka-oki	〃	3800	11	〃
	Koti-Muroto(S)	Syōyō	4800	16	〃
	Miyazaki-Hyūganada	〃	5400	13	〃
	Kagosima-oki(1)		5400	16	〃
S49(1974)	Ensyū-nada(1)	Meiyō	4210	0	〃
	Nagasaki-oki(2)	Syōyō	5900	11	〃
	Kagosima-oki(2)	〃	4100	14	〃
	Tottori-oki	Meiyō	3000	2	〃
	Ensyū-nada(2)	〃	3800	2	〃
S50(1975)	Bōsō-oki	Syōyō	5400	2	〃
	Okinawa-oki(1)	〃	5220	8	〃
	Simane-oki(1)	〃	4460	6	〃
	Yamaguti-oki	Meiyō	4040	9	〃
S51(1976)	Izu-oki	〃	1200	1	〃
	Simane-oki(2)	〃	2600	3	〃
	Okinawa-oki(2)	Syōyō	5400	6	〃
	Miyako-oki	〃	4000	2	〃
	Kasimanada(S)	〃	2400	0	〃
	Minamiiōjima(S)	〃	1850	8	1 : 500,000
S52(1977)	Jyoban(S)	〃	5200	6	1 : 200,000

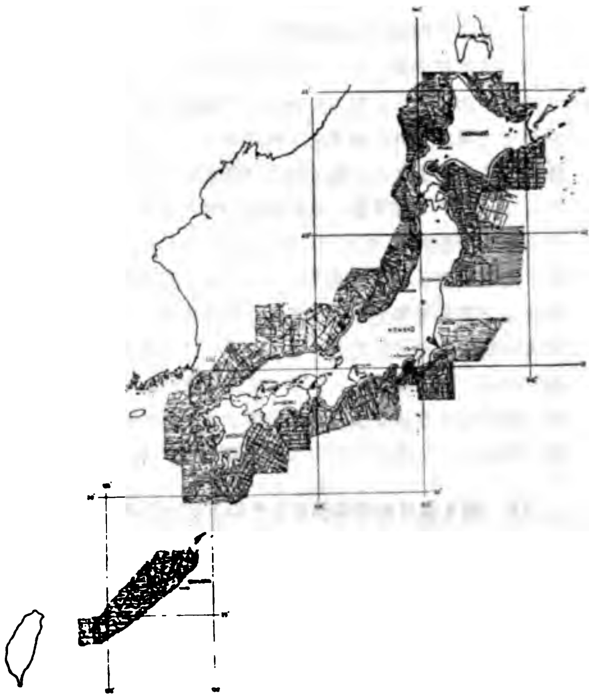


Fig. 1 All surveyed Lines of BMS project by Hydrographic Department

2）大陸棚の構造の各タイプ

2. 深い大陸棚

タイプA～Dの4種への分類

3. 深海平坦面の分類と起源

1）分類

a. 水平な堆積層によって埋められた凹地

b. 厚い堆積物自体で形成されている深海平坦面

2）海底起源の深海平坦面と海底谷

4. 大陸斜面の構造

5. 海溝斜面の構造

又，実例として代表的大陸棚，大陸斜面のサイズミックプロファイルと小川原海底谷，富山深海長谷の図が示されている。内容は，まず日本列島周辺大陸棚の起源と内部構造について考察し，成因として氷河期の海水準変動と地殻変動が挙げられている。大陸棚上にみられる旧海岸性堆積物，溺れ谷，埋積谷，海底段丘の例は主に海水準変動によるとしている。日本列島周辺大陸棚外縁の水深がほぼすべて—140m を示すことは第四紀の最大海退期のものと関係づけられるが，この地形形成が海退，海進いずれの時期に行なわれたかを判断するのは難かしいとしている。地殻変動の時間スケールは海水準変動に比べ長く，従的な影響を地形に与えていると考えられている。もっとも地域によっては室戸崎付近のように地殻変動による影響がはっきり認められる所もある。これらを考え合せると，日本列島周辺大陸棚の起源は海水準変動と地殻変動との影響の混在したものであるとしている。

大陸棚内部の構造形態は Fig. 2 に示されるようにA～Fの6種に分けられ，A，Bは表面地形によるもの，C～Fは深部の内部構造で形づくられるものとしている。即ち，

A—堆積作用によって形成されたもの

B—浸蝕作用によって形成され，その後沈降し

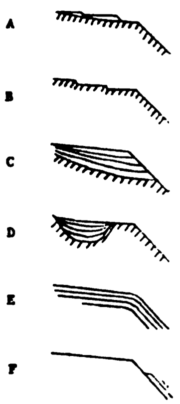


Fig. 2 Various types of the internal structure of continental shelf
A. Submergence type (wave-built terrace)
B. Submergence type (wave-cut terrace)
C. Up-building type
D. Basement high beneath edge
E. Downwarping
F. Fault

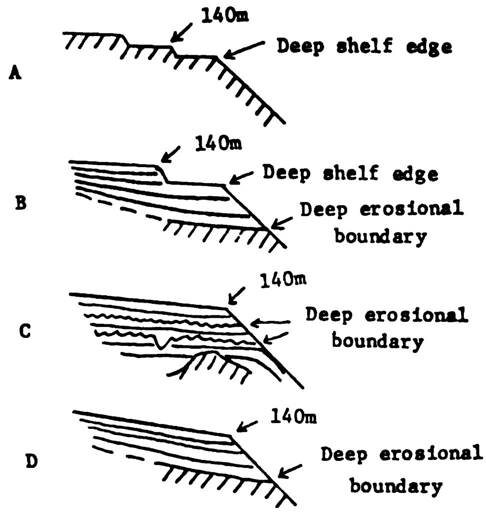


Fig. 3 Classification of deep erosional boundaries
A. Deep wave-cut terrace
B. Up-building of sediments (topographically deep shelf)
C. Erosional boundaries intercalated in thick sediments
D. Up-building of sediments (topogrophically ordinary shelf)

たもの

C—沈降域の厚い堆積層により形成されたもの(例) 高知沖, 西南日本北側海域

D—内部の基盤の高まりか古い堆積層が外縁部の下に埋まっているもの (例) 北海道西側, 東北日本の西側, オホーツク海沿岸

E—下方撓曲した堆積層で形成されているもの(例) 西南日本北側, 男女群島西縁部

F—断層により外縁が形成されているもの(例) 紀伊水道南側, 男女群島東縁部

などの例が挙げられている。

深い大陸棚 (外縁水深が140m よりはるかに深いもの) は西南日本北方と東北日本東側に見られる。これらはA～Dの4つのタイプに分類されている。

A—深い波蝕平坦面としてとらえられるもの

B—基盤の沈下と堆積層の埋積によるもの,

C—Bタイプと外観上は似るが, その成因として海底下での侵蝕面により形成されたらしいもの

D—厚い堆積物の大陸棚があり, その下に沈下した深い大陸棚があるもの

この4つのタイプは Fig. 3に示されている。

深海平坦面の起源と分類については, その内部構造から次の2つに大別される。即ち, 水平堆積層により凹地が埋積されてできた平坦面, 厚い堆積層により形成された平坦面の2つである。前者は非常に平坦, 水平であり, 紀伊水道の東の−2000 m 海底にその例が見られる。後者は概して緩やかに傾斜していることが多く, 北海道の武蔵海盆, 日高トラフなどが例として挙げられている。

深海平坦面と海底谷の形成起源については, 深海平坦面の起源としてはサイズミック記録の解析結果とその他から大きな海水準低下の証拠が見い出されないことから, 侵蝕による平坦面でなく, 海中での堆積作用による平坦面であると結論している。深海平坦面と海底谷との関係を示す良い例として下北半島東側海底の深海扇状地が挙げられている。そこには 1000～1500m の深海平坦面があり, 海底谷の終末端の位置を占めている。ただ採泥が実施されなかったため, 堆積物の運搬機構について詳しい議論はされていない。類似として

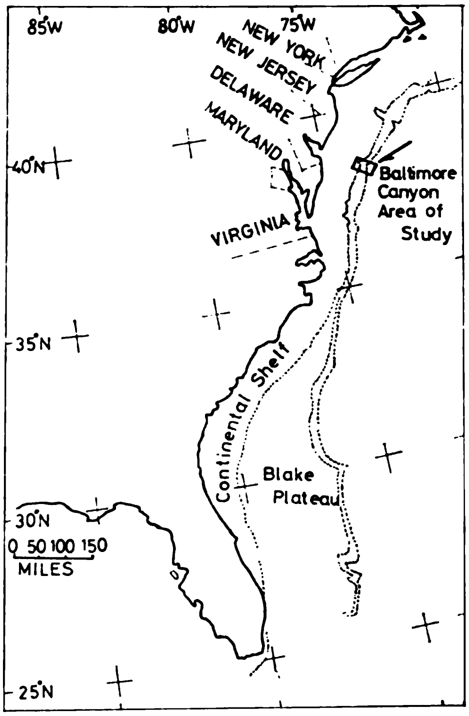


Fig. 4 Geographic map of study area, Baltimore Canyon, U. S. Waters.

富山深海長谷と深海扇状地が挙げられて
大陸斜面の構造も同様にいくつかのタイ
類され，それらはA（A-aとA-bの2
C，D，Eに分けられるが，いずれにせ
のタイプのどれもが海側の沈降という
す。この沈降が相対的なものか，絶対的
降を示唆するものかは未だ確とした結論
ない。

海溝斜面の構造もサイズミック記録上
いろ解釈が考えられるが，現在深海平坦
部はアクリーション説からいって，絶対
を考えさせるが，マルチチャンネルエア
る日高トラフの記録では大陸縁辺部は沈
ると見られる。この問題に対する解答は
きりとは得られていない。

IV-2 バルチモア海底谷の海底地こり
告（海洋大気庁海洋測量部 A.マラホフ

この報告は米国大西洋岸沖にあるバル
底谷でみられるスランプ堆積物について
告である。NOS ではデラウェア湾沖合
モア海底谷にみられる不規則地形がスラン
堆積物であることを知り，海底環境上の
NOS の測量船とウ
ル海洋研究所の潜水
いて，詳細な海底地
調査を実施した。そ
画の概要は次のよう
た。調査域とその付
地形が Fig. 4と5
ている。詳しい海底
は高精度電波測位方
て，経緯度1度四方
1マイル間隔の測線
場所は太西洋側大陸
デラウェア湾沖に見
ルチモア海底谷（こ
なニューヨーク沖の
海底谷の南側にある）
海域である(Fig. 5)。
深機と3.5 KHZ サ
プロファイラーによ
プロファイルは大

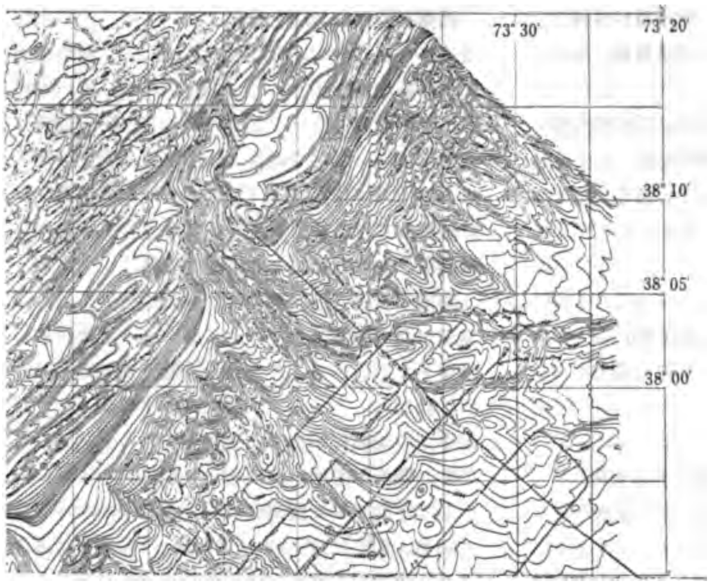


Fig. 5 Submarine topographic map of Baltimore Canyon out Delaware Bay, U. S. Atlantic Coast, Contour interval 50m

部をえぐったバルチモア海底谷の複雑な様相を明らかにした。詳しい船上からの調査の後，ウッズホール海洋研究所の潜水調査船 "アルビン" を用いて，肉眼の海底観察とビデオ録画が行なわれた。又ボックス型コアラー，その他の型の採泥器による採泥も行なわれた。又調査の後半ではサイドスキャンソナーと 1.5 KHZ サブボトムプロファイラーも使用された。

A．マラホフ博士は，実際に自分が乗船したアルビンからの観察をビデオの画像とともに説明するとともに，この調査，研究の成果を会議の席上報告した。それによると NOS は当該調査域の地辷りに対する調査を行なったが，これはこの地域が新しい石油探査の有望な場所となったこと，そこに広範な地辷り堆積物が存在することが既に報告されていた[12] からである。Fig. 7 はこの調査計画以前に NOS で作られていた海底地形図であり，地辷りの部分が明らかに示されている。Fig. 5 は50 m 等深線で表わされた大陸棚であり，棚上には大きなサンドウェーブが認められる。このサンドウェーブは季節により動くが，その移動量は不明である。等深線間隔が 50 m であると，多くの湾入が大陸棚上に示されるが，これらは海底谷の存在と関係づけられる。これから地辷り堆積物の有無と現状をさぐるため，多角的な詳細調査が行なわれた。アルビン (Fig. 6) による直接観測は海底に関する貴重な情報をもたらした。それによると，驚くべき事に，1600 m の深さまでイカ，エビ，カニなどが当該域内にかなり棲息していることが認められ，海底面は非常に細かい泥からなっており，沢山のカニによる大きな孔があいていた。その中のいくつかは幅 1 m，深さ 1 m を示した。これからカニはこの付近でもっとも強力な地質に影響を与える生物と見なされる。潜水した付近の谷の傾斜は 40° であり，その斜面はまるで雪に覆われているかのようであり，すべてのものが非常に軟らかかった。従ってバルチモア海底谷と類似の他の地域でも，もし地震がおきたとしたら，表層の堆積物が容易に流動化し，移動することは驚くに当らない。我々が潜水調査船の腕を海底に一寸触れると，海底の物質

12) EMBLEY and JACOBI, 1977

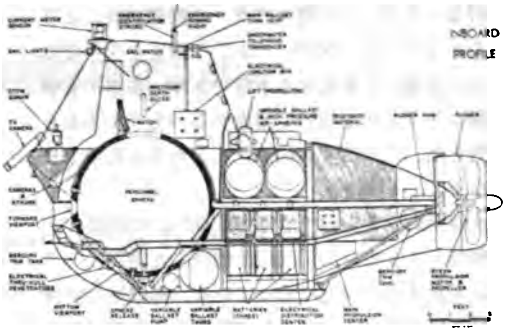


Fig. 6 Illustration of inside of Research Submargible Alvin.

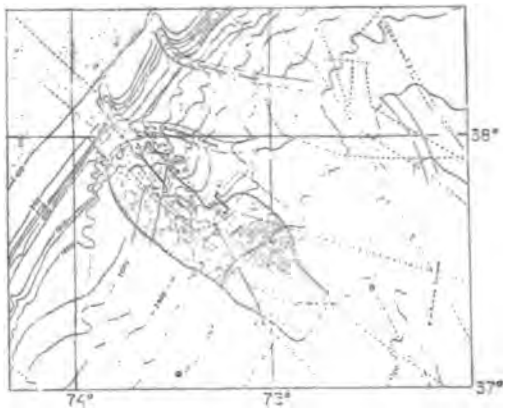


Fig. 7 Distribution of Slumping area

はまるで雲のように舞い上がり，我々の視界をさえぎる。そして堆積物は流動化して，斜面をすべり落ちていった。これらの観察から，サイズミック記録上で無層理の岩を覆う厚さ 2～30 m の音響的透明層は，この非常に細かい泥と判明した。採泥試料の検討の結果，乱されない 30m 厚さの泥質表層堆積物は5000年の静穏な時代を示した。これらのデーターから主要スランピング又は地辷りは約1万5千年前に発生したと推定された。原因としては，連続的堆積により堆積物の安定臨界角を越えたこと，地震による衝撃が考えられる。北米東岸では1929年に大きな海底地辷りの発生が知られている。細かく乱されていない無層理の表層堆積物に覆われた，やはり無層理の堆積物はいろいろな種類の破片，岩片が混じり，まったくごたまぜの層相を示している。これらは当該海底

で行なったボックス型コアラーの採泥試料により明らかとなった。NOS ではこの調査を次年度以降も引き続いて実施する予定であり，多素子音響測深システム[13]を用いて精査するつもりであると報告した。この調査の結果をまとめると次のようになる。

大陸斜面より上部では厚さ約50m の成層した堆積層がより古い河川流域に堆積した地層のパターンを示すものの上に乗っている。海底地辷りはこれらの大部分を斜面から移動させ無秩序層として谷の内側に堆積している。この層による広範な扇状地地形が水深−2900m 以下のコンチネンタルライズに表われている (Fig. 7参照)。この堆積物は音響的にみて，最近アフリカ北西沖と南西沖で見つけられたデブリス・フロー[14]と類似する。ボックスコアラーで採取されたバルチモア海底谷の南部のものは，オリーブグリーンの粘土（多量の白っぽい石質屑片を含む）で覆われていることが分った。地辷りの跡や泥流の跡は0.5m の現世堆積物が薄く，広く覆っていて，それから地辷りの発生は最終氷期の間に発生したと推定されたわけである。

NOS では次年度以降もこの調査を引き続いて実施する予定であり，その時にはシービームシステム (Sea beam system) を用いて精査する予定である。

以上が第6回 UJNR 海底調査専門部会で紹介されたものの概要である。このように興味深くかつ重要な情報交換の場である海底調査専門部会の活動が益々充実するように，少しでも努力したいものである。

(1978年3月10日受理)

13) Sea Beam System
14) debris-flow

地学雑誌 87, 3 (1978)

韓国における地形学研究の動向

赤 木 祥 彦*

The Trend of Geomorphological Study in Republic Korea

Yoshihiko AKAGI

まえがき

欧米における地理学研究についてはさまざまな機会に紹介されており，また学術雑誌も多数入って来ているので，その傾向は比較的知られているが，我国のすぐ隣国である韓国の地理学界の動向については，私が知る限りほとんど紹介されていない。しかし，地理的に近い位置にあり，歴史的にも関係の深い韓国におけるさまざまな研究分野における動向を知ることは，我国における研究にも大いに参考になる点があると考えられる。ここでは私が専門とする地形学，特に気候地形を中心に韓国における研究の動向を紹介することにする。

I 韓国地理学界の概略

韓国においても日本と同様に地形学は地理学の一分野として研究されているので地形学研究を紹介する前にまず地理学界全体について簡単に紹介する[1)]。

韓国の地理学研究者はほとんど学校関係者であるので，まず大学における地理教育について述べる。大学制度は日本のそれと類似しているが，名称その他に部分的な相違がみられる。大学には大学校，単科大の師範大学，教育大学の三種類がある。大学校は日本の総合大学に相当し，地理学科は学校により社会科学大学（大学は日本の学部に相当する），文理科大学，師範大学のどれかの大学に属している。師範大学は中・高校教員養成のための大学で単科大の国立は公州師範大学のみであり，私立は女子大学が多い。教育大学は２年制の小学校教員養成大学で国立は各道ごとにほぼ２校ずつある。

1945年の解放後の大学における地理教育は中等教員養成を目的に始まったために，地理学科はまず師範大学に創設された。1946年ソウル大学校に，1947年大邱の慶北大学校に，1951年梨花女子大学校に創設された。その後1960年前後にソウル大文理科大学，慶北大文理科大学，建国大文理科大学，慶熙大文理科大学，公州師範大の各大学に地理科が創設され，以後10年変化がなかった。1970年代に入ると７つの師範大学につぎつぎと地理科が創設されたが，これは高校進学者の急増によるものであり，そのほとんどは私立の女子師範大学であった。その結果，地理関係の大学教員は1960年の約15名から1975年には約70名と増加した。現在大学院に地理科のある大学校は国立はソウル大学校と慶北大学校，私立は慶熙，建国，梨花の３大学校である。そのうち博士課程を持つのは1975年からのソウルとそれ以前からの慶熙の２校のみである。

次に学術雑誌とそれを発行している学会，研究会について簡単に述べる。

「地理学」 韓国を代表する大韓地理学会の機関誌。大韓地理学会の前身である朝鮮地理学会は1945年９月11日に創立され，その後1949年に現在の名称に改称された。1947年には研究発表が持たれたが，1950年からの朝鮮動乱の影響は大きく，本格的な活動が始まったのは1960年代に入ってからであり，機関誌「地理学」が創刊されたのは1963年７月である。「地理学」は1968年～1973年の間は年１回，1974年からは年２回刊行さ

* 福岡教育大学 Fukuoka Kyoiku University

1) 大韓地理学会の「地理学30年(1945～1975)の回顧と展望」地理学13号を参考にした。

れ，1977年現在，15号まで刊行されている。毎回4～5編の論説と書評，学会消息があり，時々短報が掲載される。論文はすべて韓国語で執筆され，欧文の要旨が文末に付されている。大韓地理学会は地理学会報（現在16号まで）も発行しているが，これには論文が1編印刷されているだけであり，本誌のない別刷と同様なものである。大会は春と秋の2回開催され，毎回数人の発表者がある2)。学会役員は1976年から若返り，会長をはじめ各部長は全員40歳代前半から30歳代であり，韓国の地理学は新しい世代へ移ったと云える。会員数約250，学会事務局はSeoul特別市冠岳区，Seoul大学校社会科学大学地理教室に置かれている。

「地理学研究」　韓国地理教育学会の機関誌。1973年創刊，不定期発行で1977年現在2号まで刊行されている。地理教育学会の機関誌であるが，まだ地理教育の論文は掲載されていない。連絡先は Seoul 特別市城北区敦岩洞173。

「地域開発論文集」　慶熙大学校付設の国土綜合開発研究所の機関誌，1963年創刊，不定期発行で1977年現在第7輯まで出ている。第3輯までは「智異山地域開発調査報告」，「大関嶺地域開発の方向」，「韓国の山地土地利用に関する研究」をそれぞれ特集しているが，第4輯以後は地理学全般についての論文を3～5編掲載している。連絡先は Seoul 特別市東大門区，慶熙大学校付設国土総合開発研究所。

「応用地理」　韓国地理研究所の機関誌。1975年創刊，以後年1回発行で現在第3号まで出ている。応用地理に関する論文を中心に4～5編の論文が掲載されている。連絡先は慶熙大学校地理科内韓国地理研究所。以上2つの研究所は独立した建物はなく，専任の所員もおらず，慶熙大学校の教官を中心にした各大学の教官が所員となっている。

「践山地理」　ソウル大学校社会科学大学（1974年度までは文理科大学）地理科の紀要。1970年創刊，不定期刊行で1977年に4号が発行されている。各号5～6編の論文が掲載されているが人文地理関係の論文が多い。

「地理学と地理教育」　ソウル大学校師範大学地理科の紀要。1973年創刊，年1～2回発行で1976年に第6輯が発行されている。「践山地理」がオリジナルな論文のみを掲載しているのに対して，こちらには解説的論文，翻訳論文，大学入試に関する報告も掲載されており，内容に変化がある。以上が現在韓国で刊行されている地理学関係の雑誌であるが，これら以外にも各大学の紀要に地理関係の論文が公表されていることは日本と同様である。学術雑誌と大学紀要に発表される論文の数を比較すると，正確な数は不明であるが，日本の場合より大学紀要の比重がはるかに大きい。その原因として，地理研究者の数が少ないため，雑誌の発行回数を増すことは経済的負担が大きくなりすぎることがあげられよう。

韓国の地理学会の大きな特色としてあげられる点は人文地理学の研究者と比較して自然地理学の研究者が少ないことである。まだ地理学文献目録が刊行されておらず各大学の紀要にどのような論文が掲載されているのかよくわからない。そのため上記の雑誌に掲載された論文のみを筆者が整理した結果によると，139編のうち自然地理関係36編，人文地理関係103編である。人文地理関係でももっとも論文が多い分野は人口・都市であり25編，これに次いで工業14編，農業11編，文化・歴史10編が主な分野である。自然地理関係は地形24編，気候9編，土壌地理2編，水文1編で，地形に大きくかたよっている。

II　地形研究の概要

「地理学30年の回顧と展望」(地理学13号，1976)で朴魯植と朴東源がそれまでの韓国における地形学研究を要約している。その参考文献リストは碩士（修士）論文を含め，解放後発表された文献をほぼ網羅しているので，このリストから碩士論文をのぞいた論文とその後に発表された論文の題目をまず紹介する。これにより地形学研究の動向の概要を知ることができる。

韓国の地形関係文献目録

▲河川地形と平野地形

鄭璋鎬(1962)：密越付近の地形―河岸段丘を中心に―，地理，ソウル大師大地理学会

――(1974)：北漢江流域河流網発達の定量的分

2)　学会を週日に開くことが困難で，そのために発表者が制限されているようである。

析，首都師大論文集6号
任昌周(1973)：永春地域の河岸段丘研究，地理学研究1号 1-24
金周煥 (1973)： JOINT と河川流向との関係考察，地理学研究1号 25-63
——(1977)：A study of joints, developed in Chyuk-ka-ryŏng Rift Valley, 関東大学論文集5輯 301-315
金泰熙(1975)：洪水被害予想調査方法論に関する研究，応用地理1号 55-81
權赫在(1973)：洛東江三角州の地形研究，地理学8号，8-23
——(1973)：河川の流況と河川地形，地理学会報6号，1-9
——(1975)：湖南平野の沖積地形に関する地理学的研究，地理学12号，1-20
——(1976)：洛東江下流地方の背後湿地性湖沼，地理学14号，1-8
朴魯植 (1959) ：韓国扇状地研究，慶熙大論文集
朴東源(1968)：漢江礫の円形度に関する研究，地理学3号，11-18
——(1969)：漢江の河床変動について，ソウル大文理大学報，171 183
——・姜必鐘(1977)：河系網と地質構造線の関係に対する研究，駱山地理4号，7-16
ŌYA M. (1971)：Geomorphological flood analysis on the Naktong River Basin, South Korea.

▲海岸地形

呉建煥(1970)：鏡浦の地形学的研究，江陵教大論文集2輯，163-173.
——(1977)：韓半島南東部海岸の地形発達，地理評52巻，689-699.
黄晩益(1968)：東海岸正東里一帯の海岸平坦面地形研究，地理学3号，1-10.
金瑞雲 1973)：韓国南東部（方魚津—浦項）海岸に発達する段丘に関する研究，地質学会誌9巻，89-121.
權赫在(1974)：黄海岸の干潟発達とその堆積物の起源，地理学10号 1 12.
—— (1975) ：韓国の海岸地形と海岸分類の諸問題，高大教育大学院，教育論叢3号，73-88.
朴東源(1975)：我国西海岸の干潟地類型，地理学会報14号，1-9.
——(1977)：遠隔探査方法による浅水湾干潟地の地形研究，地理学15号，1-16.
朴龍安(1969) ：放射線炭素 C^{14} による韓国西海岸沈水及び沈降現象解明と西海岸に発達した半淡水—鹹水湿地堆積層に関する層序学的研究，地質学会誌5巻，57-66.
海洋開発研究所(1975)：Landsat 影像資料による牙山湾一帯の潮汐現象にともなう海岸地形に関する研究.
金相昊(1977)：沖積面からみた後氷期以来の汀線変化，駱山地理4号，1-6.
GUILCHER, A. (1975)：A report on a preliminary survey of the geomorphological features of the western and southern coasts of the Republic of Korea, 韓国科学技術研究所報告書，1-9.

▲侵蝕地形と地形発達

張載勲(1966)：山麓緩斜面に関する研究，地理学2号，35-42.
——(1972)：南原地域の山麓緩斜面研究，地理学7号，11-23.
——(1973)：忠州地域の山麓緩斜面研究，地理学研究1号，93-108.
——(1977)：堤川地域の山麓緩斜面研究，誠信女子師大論文集，259-275.
金萬亭・朴魯植 (1975)：斜面形要因の Mesh 法的計量分析，応用地理1号，5-53.
金相昊(1961)：韓国中部地方の地形発達，ソウル大論文集，理工系10輯， 11 123.
——(1966)：漢江下流の低位侵蝕面地形研究，ソウル大学校学術叢書第2，97 p.（学位論文）.
——(1973)：中部地方の侵蝕面地形研究，ソウル大論文集理工系21輯，85-115.
朴魯植(1967) 漢江下流地形面の分類と地形発達に対する研究，慶熙大博士論文.
——(1975)：韓国 pediment 地形の研究成果に関する批判と問題点，地域開発論文集6輯，1-30.
呉慶燮(1976)：北坪周辺の侵蝕地形研究，地理学研究2号，45-57.
赤木祥彦(1965)：朝鮮の pedimedt，地理評38巻，682-697.
——(1971)：韓国光州市付近の pediment と岩塊流，東北地理 33，110-115.
——(1975)：気候の乾燥化の証拠としての東アジアの開析 pediment，地学雑誌84巻，20-35.
AKAGI, Y. (1974)：Pediment in the Taean Peninsula and the Yeongsan River Basin, Korea, *Sci. Reports of Tohoku Univ. 7th Series*. 24, 183-203.

▲周氷河地形

金道貞(1970)：漢拏山の構造上，駱山地理1号，3-10.
——(1972)：ソウル近郊の花崗岩風化に対する気候地形学的研究，駱山地理2号，41-49.
——(1973)：韓国の霜蝕の類型，地理学8号，1-7.

▲構造地形と火山地形

金道貞(1973)：韓国の火山地形，地理学会報7号，

1-9.
金相昊(1963)：済州島の自然地理，地理学1号，2-14.
——(1964)：楸哥嶺地溝に対する考察，師大学報6巻，156-161.
康勝三(1975)：韓国の火山地形，清州大学学報20号，46-55.
▲カルスト地形
鄭璋鎬(1966)：韓国の Karst 地形，只山先生華甲記念論文集，213-239.
——(1975)：Karst 地形，地理学会報13号，1-7.
洪始煥(1978)：韓国の洞窟，地理学報13号，8-12.
▲地形分類
金萬亭(1970)：洛東江上流地域の地形分類に関する研究，安東教大論文集3輯.
——(1972)：開発のための地形分類の Mesh 法的評価に関する研究，安東教大論文集5輯.
朴魯植(1971)：韓国の地形区，地理学6号，1-24.
▲土壌地理
姜永福(1973)：花崗片麻岩上の赤色土に対する地理学的研究，地理学研究1号，64-92.
——(1677)：桂陽山山麓面に発達する土壌断面特性に関する調査研究，地理学15号，17-25.

ここに紹介した論文数は52編であるが，解放後最初に地形論文が公表されたのは1959年であり，朝鮮戦争など政治的に不安な状態が地形研究に大きな影響を与えたものと推定される。その後の論文発表状況は60年代前半に4編，60年代後半に8編，70年代に39編となっており，韓国において地形研究が本格化したのは1970年代に入ってからである。論文の多い分野は河川地形，平野地形，海岸地形とペディメントである。このことはこの分野が韓国の地形研究において重要な分野であると同時に研究者の数が多くないために，熱心な研究者がいる分野で研究が進んでいることも事実である。以下各分野について簡単に説明する。

河川地形，平野地形，海岸地形では権赫在と朴東源が精力的に研究をすすめている。権赫在は1971年，ルイジアナ州立大学留学から帰国して以来，おもに洛東江から錦江にかけての南西部のデルタを中心とした沖積平野の研究を続けている。朴東源は漢江における河床礫の円形度と運搬距離，岩質などの関係を計量的に検討し，更に河床堆積を河川営力の立場から考察した。ハンブルグ大学留学から帰国後はその研究分野を西海岸の干潟地形にひろげている。東海岸は交通が不便なことも原因となり西海岸よりも研究が遅れている。以前から海岸段丘ないし海岸段丘状の地形が発達していることは知られていたが，最近南東部海岸で呉建煥と金瑞雲により段丘地形の調査がすすめられている。金周煥はソウル北方の楸哥(嶺地溝裂谷)で多数の節理を計測し統計的に処理して河川の流路方向と密接な関係があることを明らかにしている。

構造地形についての具体的な研究は金相昊(1964)による楸哥嶺地溝の形成過程についてのものだけである。火山地形の具体的な研究としては金相昊(1963)の済州島についての地形誌的研究と李砯珍[3]による済州島に分布する寄生火山の統計的研究の2つがある。

カルスト地形は江原道，忠州南道，慶尚北道などに分布しているが鄭璋鎬による1～2の研究があるだけで本格的な研究は今後に待たれている。他方韓国洞窟学会を中心とした洞窟の研究が最近さかんになっている。

地形区分については朴魯植(1971)によるオーソドックスな方法で行なった朝鮮全域についての地形区分がある。金萬亭は洛東江上流域を対象にして計量的に地形分類をこころみ，更に応用地理的分野に発展させている。

土壌地理学の分野では新進の姜永福が唯一の研究者である。彼は韓国に広く分布する赤色土を中心に研究をすすめているが，この赤色土が日本各地に分布している赤色土と類似していることを指摘しており，これからの研究の発展が期待される。

III 気候地形と侵蝕平坦面について

気候地形と侵蝕平坦面は日本列島と朝鮮半島の間においてもっとも関係の深い地形であると考えるので，ここでは韓国でのこの分野の研究を少し詳しく紹介する。

金相昊(1966)はソウルを中心とした漢江下流域

3) (1976)：済州島に分布する寄生火山に関する研究。建国大学碩士論文，(韓国の碩士論文は日本の修士論文と異なり原則として印刷されている)。

に広く分布する標高100m 以下の侵蝕平坦面のうち，ソウル東部に位置する峨嵯山山麓緩斜面，礼峰山山麓緩斜面，陸内丘陵面を調査地に選び詳細な調査を行った。これらの地域の地質は片麻岩，結晶片岩である。両山地前面に発達する緩斜面はその上端から末端までの長さは約2km，平均勾配約 2°25′，僅かに concave であり，その表面には sorting, bedding の悪い砂礫層が薄く堆積している。現在この面は谷により 10～20m 開析されている。勾配 20° より急な山地斜面と緩斜面の間に勾配の急変部があり，その平面形は直線状である。金相昊はこの地形と現在乾燥地域に発達している pediment を詳細に比較検討した。その結果，これらの山麓緩斜面は pediment であり，現在の韓国の気候条件のもとでは形成され得ない地形で，過去の，より乾燥した気候条件のもとで形成されたのち，気候の湿潤化により開析されつつあるとの結論に達した。

張載勲は1966年の論文で全羅南道の求礼付近と忠清北道の忠州と堤川付近の山麓緩斜面について1972年の論文では全羅北道の南原付近の山麓緩斜面について，1973年の論文では再度忠州付近の，1977年の論文では堤川付近の山麓緩斜面を詳しく論じている。これら各地の山麓緩斜面はその末端の標高に相違がみられる点をのぞけばほぼ同じ特徴を持っている。すなわち，(1) 勾配35°—50°で片麻岩や結晶片岩などからなる山地前面の花崗岩地域に発達している。(2) 勾配は末端で 1°～2°，上端に近い所で5°程度になり，山地斜面に移行する付近で7°～10°であり，僅かに concave 斜面である。(3) 表面には層厚2～5m 程度の sorting, bedding, roundness ともによくない礫層がみられ，赤色化作用を受けている（基盤岩石の一部も)。この緩斜面は現在谷により深さ5～20m ほど開析されている。

張載勲はこれらの山麓緩斜面を乾燥地域に発達している pediment と比較しながら検討しているから，その結論には各論文により多少相違がみられる。すなわち1966年の論文では乾燥地域に発達している pediment と類似している点が多い。しかし，pediment は汎世界的に発達しているとの見解があるので，pediment に関する研究を乾燥地域に限る必要はないと述べている。1972年の論文では山麓緩斜面は現在の気候とは異なった気候のもとで形成されたと述べ，更に1973年と1977年の論文では pedimentation や布状洪水が起きるような気候がかってあったが，その後気候条件が異なり線状侵蝕が行なわれるようになったと述べている。

筆者も韓国の pediment を日本の pediment と比較しながら検討して来たが，その結論は金相昊，張載勲の結論と共通している点が多く，pediment 形成期に韓国の気候が pediment が形成され得るほど乾燥していたとする点では意見が一致している。

韓国の周氷河地形研究は金道貞により始められたが，研究がようやく本格化しかけた1974年急逝された。トロールのもとで研究し，帰国後最初に公表したのが済州島の漢拏山の構造土についての論文である（金道貞，1970)。漢拏山は標高1950m の休火山である。山頂東斜面の標高1800～1850m の所には等高線に沿って長さ1～10m，幅60cm～1m，段面の勾配が2°～5°の階段状構造土が発達している。また標高1834m の白鹿潭火口原には直径50cm～1m，高さ20～30cm の典型的な瘤状構造土が発達しており，外形上アイスランドに分布するものと似ている。階段状構造土の成因としては，(1) 北側より積雪が少なく，霜交日数が増すこと，(2) Kammeis Solifluction のために生じた芝草剝離に起因する微細物質が欠乏していること，(3) 基盤が透水性が強い玄武岩であることがあげられる。瘤状構造土の成因としては，盆地地形のために少ない日射量，強い気温の逆転，豊富な微細物質と水分供給があることがあげられる。

氷期の気温低下が 8°～12° であったと仮定し，漢拏山の構造土の下限が今日標高 1800～1850m であることを考慮すると韓国の標高約600～800m 以高の所は氷期には Solifluction が活発に作用した周氷河地域であったと考えられる。

金道貞は気候，火山関係を含めて6つの論文を残しているが，その最後の論文で朝鮮半島の25地点の凍結融解交代図を作製しているのでここに引用する（編者注：図省略)。

韓国の化石周氷河地形については金相昊(1966)がソウルの東，峨嵯山の pediment 上堆積物に involution が存在することを報告しており，筆者は南原，瑞山，羅州付近で pediment を開析する谷に流入している岩塊流を報告し（赤木 1971, 1974），権純植は釜山の金井山山麓の標高 100m 以下の所にみられる化石岩塊流と involution について報告した[4]。

金相昊 (1973) は後述のように朝鮮半島中部地方に発達する侵蝕面を高位，中位，低位の3段に分け，さらに低位面を2段に分けたが，中位，低位面は乾燥期に pedimentation により形成され，その時期は中位面が鮮新世，低位面が洪積世，特に低位面下位の金浦面は海面が低下した氷期に形成されたと推定した。赤木 (1975) と鈴木 (1977)[5] は朝鮮半島が乾燥化したのはリス—ヴュルム間氷期であると推定した。

赤木 (1971, 1974) は化石岩塊流が pediment を開析する谷に流入していることからヴュルム氷期の周氷河地域は平地まで低下したと推定したが，1977年に大邱—釜山間で洛東江の現河床か，それより低い基準面で形成された cryopediment を観察した。韓国におけるヴュルム氷期の周氷河地形は海面に近い高度まで低下したのではないかと推定されるが詳しいことは今後の調査結果を待ちたい。

金相昊 (1973) は朝鮮半島中部地方に発達する侵蝕面を標高500～900m の高位面，300～700m の中位面，300m 以下の低位面に分け，低位面をさらに忠州面と金浦面に分けた。高位面は山頂部にみられる低起伏面であり，中位面は原州—忠州から東の花崗岩からなる盆地に発達して低位面は岩石と関係なく原州—忠州の西側している。白亜紀の湿潤気候のもとで高位成されたのち warping があり，鮮新世にが，洪積世に低位面が乾燥気候のもとで形たと推定した。

張昊は東海岸の江陵付近に発達する低位査した[6]。標高150～250m，40～90m，10～分かれ，それぞれの面の堆積物の層相からは周辺に位置する急勾配の山地斜面の後り形成された面であり，中位面は海成面で低位面は今後の調査を待つと述べている。(1976) は三陟付近に発達する標高50～7 10～40m の2面の侵蝕面を調査し，それ面の堆積物の層相からこれらの面は現在よした気候のもとで形成されたと述べている

この2論文はともにその記述の大半が堆説明になっており，形態的な説明が不足しる。東斜面に発達する侵蝕平坦面についてに取扱った研究はまだないので，まず全体の分布状態を把握したのち，個別的な実地進めるべきではなかろうか。

筆者は日本と韓国の研究交流が深くなる強く願う者であるが，現状においては韓者の来日は自由ではない。このような現状て，韓国の研究者には日本の研究者の韓国査には複雑な気持があるのではなかろうかの地形の研究を進めるには韓国での調査が分野もあるはずであるが，韓国の研究者にてもらえる調査であって欲しいと願ってい

(1978年3月9日

4) 1977年，大韓地理学会，春季論文発表会論文抄。

5) 鈴木秀夫 (1977)：氷河期の気候，古今書院。

6) 張昊(1975)：江陵周辺の低位浸蝕面究，ソウル大学校碩士論文。

書評と紹介

Itaru HAYAMI: A Systematic Survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan, 256 p, figs. 1-3, plates 1-10, 6500円, 1976, 東京大学出版会

わが国の古生物学研究の出発は欧米諸国にくらべてかなり遅れていたのみならず，南米の二・三の国からも遅れていたが，しかし第二次大戦後，古生物学研究は旺盛となり，属・種の命名，記載は急速におびただしい数にのぼると共に，戦後の研究は新制大学や博物館やその他の研究機関で行われ，発表された学術誌も多様化し，記載標本も自ら各地に分散する傾向をたどりつつあるというのが現状であろう。このような傾向にあることは一つの研究機関である一連の種の記載標本を観たり，それにまつわる情報を迅速に，かつ充分に把握することが困難となりつつあって，これからの研究者にとっても，また外国の研究者にとっても自ら不便が生ずる。このような趨勢にあるとき，つとにこの弊に着目し，わが国およびその近隣からの過去100年におよぶ中生代二枚貝を落ちこぼれなく集録したばかりでなく，既存の知識を整理し，新しい分類体系の立場に立脚して調査し，総括したのが本書である。

この著書は東京大学資料館の一連の刊行物の1冊（第10号）として企画出版されたものではあるが，従来のわが国の中生代古生物に関する出版物中には全く見られないユニークな新刊書で，中生代二枚貝の分類に関する基礎的情報を意欲的に提供している。

本書の内容は1）序論，2）日本産三畳紀・ジュラ紀・白亜紀二枚貝の研究史，3）分類の方針（基本的立場），4）分類カタログ，5）日本の材料に基づき提唱された中生代二枚貝属および亜属の説明つきカタログ，6）東京大学総合資料館の中生代二枚貝登録標本および日本産中生代二枚貝に関する文献集，分類名索引，図版からなっている。

1）章の序論ではMOJSISOVICS (1888) が佐川盆地から菊石類と共に *Daonella*, *Monotis* を最初に記載してから以来，樺太，千島，朝鮮，台湾を含めて種，亜種，変種の総数は約860におよび，論文数は約250篇に達したが，それらはとかくサーキュレーションも不充分であったこと，一方，近時外国の研究者が日本産属・種の比較検討をかなり多く要望するようになったこと，また研究者中には既に故人となった方もおられるが幸にも標本が残されている等のことを考慮し，この時期に現研究段階での現状を総括し，将来の研究者への基礎を作っておきたいとの目的が述べてある。

2）章では三畳紀・ジュラ紀・白亜紀についての研究史が扱われている。三畳紀に関してはMOJSISOVICS (1888) の研究以来，初期には松下(1926)，矢部・清水 (1927)，江原 (1927)，小林(1931, 1935) の研究があるが，特徴的な *Minetrigonia* が佐伯 (1925)・他により記載されたこと，1950年代には研究が盛んになり，Carnian～Norian の Kochigatani fauna が認知されるようになったこと等が指摘されている。ジュラ紀に関しては，第二次大戦後，多数の研究者により各地から報告がもたらされたが，小林とその協力者による三角貝類の研究は研究史上の一特色とも云えるものであったこと等が述べてある。白亜紀に関しては，1920年代から1930年代に現在判明している二枚貝の大要が矢部・長尾，その他により記載され，一方，内帯および朝鮮半島からの非海棲二枚貝が小林・鈴木により研究され，*Inoceramus* およびそれに関連する二枚貝が矢部・江原・長尾・松本により研究され，戦後は地域ごとの二枚貝研究がなされたこと等が述べてある。

3）章の分類方針においては著者のいだく二枚貝化石の分類の基本的立場が明確に提示され，最も読みごたえがある。この章の内容を理解してこそ本書のもつ意義ないし価値を深め得るものと思われる。著者は，わが国における分類学的研究の第1段階はこれまでにほぼ完了したといってよく，これからはむしろ国際的視野からの系統分類のための比較研究ないしは詳しい進化に関する研究等がなされるべきだとし，MAYR (1963) の指摘した分類学上の意見に同調している。また近年の生物学からの種の分類概念の切り替えが化石群

の種のレベルの分類学の発達を可能にし，研究史上の初期に提案された種，亜種は形態と共に変異，個体発生，地理上および層位上の分布，産状も考慮に入れて，最近の分類学の原理，命名法に基づき再検討が可能で，現在は再検討のよい時期に至っていることを指摘している。

4）章の分類カタログでは，改訂種名は太活字で示され，そのシノニム，タイプ標本の種類と所在，模式産地，生存期間，分布および改訂理由の順に系統的に表示され，読むものにとって活用し易いようになっている。

5）章では著者によって提唱された68の属ないし亜属についての系統分類上の位置，属ないし亜属の模式標本，その特徴，地質年代，地理的分布および提唱理由が記述してある。たとえば *Promyophorella* を例にとってみると，分類上の位置，特徴，地質年代等をあげると共に，本亜属を Treatise on invetebrate paleontology では *Myophorella* のシノニムとして取り扱っているが，著者はわが国の研究者と同様に亜属とすることが適切だと主張している。このように随所に著者の見解が示されている。

6）章では東京大学総合資料館に登録されている中生代二枚貝がリストアップされ，続いて日本産中生代二枚貝に関する文献集および分類索引があり，終りに日本産で提唱された属，亜属の模式種と代表的二枚貝約90種が10葉の図版に収めてある。図版中，特に第1から第8図版までに掲載のものは表面装飾，鉸歯の構造，標本の完全性等いずれも特徴がよく現われ，どの種の図をみても極めて熱意のこめられた多大の労作であるかがうかがわれる。

本書の内容は以上のようであるが，著者はわが国中生代軟体動物化石研究の第一人者で，同博士ならではとうてい本著の完成はあり得なかったであろう。本書は何といっても，わが国中生代二枚貝のこれまでの記載種のすべてを新しい分類学上の立場で集大成した労作物であるうえ，3葉の化石産地図と表とは本書の理解を一層深めるに役立ち，また属・種が分類順にリストされ，関連文献がすぐ参照出来るように至極便利になっている。そればかりではなく，分類学上の提唱された見解は懇親明快であり，将来の研究に向っての体系づけの指摘も多くあって，研究者にとってはもちろんのこと，初歩のものにとっても多くの示唆と便宜とを与える意味で，敢えて広く推薦いたしたい著書である。　　　　　　（前田四郎）

協会記事

理事会（52年度第10回，昭和53年3月27日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，式，前島各理事。

議　事：

1．下記の正会員入退会を次回の評議員会に提案することに決定。
入会：片田正人，茂木睦，小村幸二郎
退会：多田文男（逝去）

2．第99回通常総会を5月20日午後に，また評議員会を5月8日午後に開催することを決めた。

3．百周年記念式典を昭和54年11月1日に開催することを決めた。

4．国連大学副学長マンスハルト氏の特別講演会を開催することにした。

5．会館建築に関する件
(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。
(2) 第一建築サービス株式会社との賃貸借予約契約書を承認した。
(3) 文部省に提出する基本財産処分承認申請書と，長期借入金承認申請書を承認した。

地殻開発小委員会（昭和53年4月8日）

出席者：佐藤委員長，岩生，伊藤，虎岩，川上各委員，末野将来検討委員会委員長，神山同委員会幹事。

議　事：

日本列島の地殻調査の必要性とその具体的方法について検討した。

将来検討委員会（昭和53年4月15日）

出席者：末野委員長，神山監事，片山，伊藤，渡辺(光)，坂倉，岩生，川上，尾崎，平山各委員。

議　事：

1．地殻開発小委員会の議事について川上，岩生両委員より報告があった。

2．定款改訂小委員会渡辺光委員長より，新しく定款を作り上げるつもりで検討してゆく旨，意向の表明があった。

3．今までの委員会において懸案となっているもの，提案のあった件については，今後逐次検討を続ける。

4．渡辺光委員より東京地学協会を考えるために，地学，地理学，地質学等の内容に関する，史的考察が披瀝された。

5．建築委員会片山委員長より前回以後の経過につき順調に進行しているとの報告があった。

地殻開発小委員会（昭和53年4月22日）

出席者：佐藤委員長，岩生，伊藤，虎岩，川上各委員，末野将来検討委員会委員長，神山同委員会幹事。

議　事：

「地殻開発研究推進に関する提案（素案)」を検討した。

理事会（52年度第11回，昭和53年4月25日）

出席者：末野，保柳各副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，佐藤，式，前島各理事。

議　事：会長欠席のため，末野副会長が議長となる。

1．下記の正会員の入会を次回の評議員会に提案することに決定。
諏訪兼位

2．清水建設株式会社の地学会館解体工事見積書，ならびに定款第2条改正の確定案分についての持回り審議結果を確認した。

3．昭和52年度決算報告案及び昭和53年度予算案の大綱を諒承し，細部の調整は木村理事に一任した。

4．会館建築に関する件。
(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。
(2) 地学会館新築工事に関する清水建設株式会社との工事請負契約書の内容を承認した。
(3) 平山建築研究所との設計監理委託契約の内容を承認した。

5．将来検討委員会委員に，渡辺光，虎岩達夫両会員を追加することを諒承した。

6．5月20日通常総会の前に，吉田栄夫会員の「最近の南極地学観測について」の講演会を開催することにした。

行事委員会（昭和53年4月28日，於都立大学理学部）

出席者：前島委員長，金窪，吉田各委員。

議　事：

1．昭和53年5月20日第99回通常総会当日の講演会の実施方法について審議した。

2．次回講演会の講師について意見交換を行なった。

評議員会（昭和53年5月8日）

出席者：坪井会長，青柳信義，岩生周一，片山信夫，河野義礼，木村達明，小林勇，佐藤光之助，式正英，関原彊，虎岩達夫，保柳睦美，矢沢大二の13名。他委任状によるもの22名，計35名。他に小林貞一名誉評議員，岡山俊雄監事。

議　事：

1．正会員の入退会（理事会から提案のあった全員）を承認した。

2．昭和52年度事業報告および収支決算（案），昭和53年度事業計画および収支予算（案）を第99回通常総会に提出することを承認した。

定款検討小委員会（昭和53年5月8日）

出席者：渡辺委員長，川上，斉藤，岩生各委員，坪井会長，神山将来委幹事。

議　事：

現行の定款の内容に関連する諸事項について意見が交換され，今後問題点を明らかにしてゆくことにした。

地殻開発小委員会（昭和53年5月10日）

出席者：佐藤委員長，岩生，伊藤，虎岩，川上各委員，末野将来検討委員会委員長，神山同委員会幹事。

議　事：

1．床次徳二氏の意見に関連して，「地殻開発」建議書について検討した。

2．地殻開発に関する特集号を出すよう編集委員会に提案することにした。

編集委員会（昭和53年5月10日，於私学会館）

出席者：式委員長，安斎，井上，川上，神戸，五条，諏訪，西川，前田，前島，矢沢の各委員。

議　事：

1．地学雑誌第87巻4号の編集について審議した。

2．地殻開発小委員会から依頼のあった「地殻開発」特集号の発刊について検討し，審議経過を同委員会に伝えることにした。

将来検討委員会（昭和53年5月13日）

出席者：坪井会長，神山幹事，片山，湊，坂倉，佐藤（光），川上，伊藤（和），西川，岩生，渡辺（光）各委員。

議　事：

1．IGCPにおけるカオリン鉱床のデーター蒐集作業について説明があった。

2．地殻開発に関するＰＲの方法と第二次答申についての意見があった。

3．定款改訂については改訂案作成の目標期日などについて意見が交換された。

講演会（昭和53年5月20日）

石油健保会館において「最近の南極地学観測について」講師吉田栄夫君の講演があった，参加者37名。

通常総会（昭和52年度第99回，昭和53年5月20日）

場　所：石油健保会館

出席者：坪井会長ほか195名（うち委任状によるもの172名）

議　事：

1．昭和52年度事業報告および会計収支決算について，質疑応答の上，これを承認した。

2．昭和53年度事業計画として地学雑誌の発行，地学講演会開催，地学振興などの行事をほぼ前年度の規模で実施することとして会計収支予算案を承認した。

3．大橋良一会員を名誉会員に推薦することを承認した。

＊なおこれら会計収支計算書等については巻末に掲載してあります。

1980年国際地理学会議（IGC）記事（5）

その後4月2日，5月1日，6月3日に準備委員会が開かれた。主な事項は次の通りである。

(1) 3月24日の学術会議で国費を支出する昭和55年度開催の国際会議としてIGCが推せん順位第1位になったことが報告された。

(2) 学術会議として昭和54年度概算要求を作成する必要上，その資料を求めてきたので，収入にバランスした支出となるような資料を作成して提出した。

(3) 第1次の実行予算案を決定した。

(4) 組織委員会のメンバーについて学術会議事務局に連絡した結果，人数は30名内外，実際に活動する人を多く入れることなどの基準を参照し討議した結果
日本地理学会の会長，常任委員長
東京地学協会の会長，副会長
国土地理院長
海上保安庁水路部長
地理関係の学術会議会員，国際交流委員長
人文地理学会，東北地理学会，地図学会の会長，歴史地理学会及び日本地理教育学会の代表
準備委員会の会長，副会長，アドバイザー各委員会委員長
などとすることが了承された。

(5) セカンドサキュラーの日本文原稿〆切は9月10日，発送は11月15日の予定。

(6) 会員・宿舎委員に山鹿誠次氏を加えることが了承された。

(7) 次の分担が決定した。
レセプション・バンケット・本会議中の日帰り巡検は会員・宿舎委員会の担当。
会議開催中に発行するコングレスニュースの原稿作成は広報・渉外委員会が，印刷は出版委員会が担当する。

(8) IGC 郵便振替口座が新設された。
口座番号　東京 8-82502
住　所　東京都文京区弥生2-4-16
　　　　日本地理学会内
名　称　IGC 準備委財務委員会

仮登録の手続を終了された日本人が大変少数なので，ぜひ早く多くの方々が仮登録をして下さるよう御願い致します。仮登録をされると以後は直接御連絡を致しますし，また会議の規模を適正にする上にも貴重な資料となります。用紙（ファーストサキュラー）は東京地学協会宛御請求下されば送付致します。

また前号で会議参加登録料の前納についてお願いをしましたが，多くの方々が御協力下さるよう重ねて御願い致します。

（川上記）

おしらせ

従来地学雑誌執筆者に対して執筆分量に応じて，些少の筆耕料を差しあげて参りましたが，事情により，第87巻3号よりこの扱いを取り止めることにいたしました。但し執筆者への協会負担分（無料分）の別刷部数は，従来の50部を，60部に変更いたします。

東京地学協会編集委員会

紙碑

多田文男会員の逝去を悼む

本会元評議員多田文男先生は，昭和53年3月15日，駒沢大学において勤務中に，心筋こうそくで倒れられ，急逝された。まことに哀惜の念にたえない。

先生は，明治33年7月3日，東京日暮里で生れられ，大正13年3月，東京帝国大学理学部地理学科を卒業後，直ちに理学部助手に任官され，大正15年6月には，東京帝国大学助教授，地震研究所々員に昇進された。昭和5年3月，3年間にわたるドイツ・イタリー・アメリカ合衆国などへの留学に出発されたが，その直後の昭和5年9月に理学部地理学教室に移られて，昭和28年6月東京大学教授に昇任，昭和36年3月停年退官まで，37年の長きにわたって，東京大学において地理学の研究，教育にいそしまれ，学界の発展につくされた。東京大学退官後，直ちに法政大学教授になられ，文学部地理学科の教育，研究に指導的役割を果されたが，昭和41年4月からは，駒沢大学教授として大学院地理学専攻の創設にあたられ，その発展の基礎をつくられて，昭和53年3月末に定年により退職される予定であった。まことに先生の生涯は，わが国における地理学の発展に捧げられたものといえよう。

先生の研究は自然地理学の広範な分野にわたっているが，その内容は三つの時期に大別することができる。東京大学地震研究所勤務のころは，主として地震と活断層との関係について研究され，第四紀地殻変動の研究に先鞭をつけられるとともに，地形計測などの定量的手法の導入につとめられた。昭和8年欧米留学から帰国後は，主として東アジア乾燥地域の自然地理に関する研究を進められ，中国，朝鮮などの各地の数次にわたる踏査にもとづいて，地形・黄土・気候変化などに関する数々のすぐれた業績をあげられた。本誌に掲載された先生の論文は，この時期にもっとも多い。

戦後は，荒廃した国土の復興，保全に深い関心をもたれ，従来自然地理がこのような観点から研究されていなかったことを痛感されて，自らその



研究の途を拓かれた。とくに，人間活動の主要な舞台である平野の研究の遅れを指摘され，多くの遺跡調査に参加して，平野における自然環境の変遷をくわしく説かれたり，戦後頻発した自然災害の実態調査にあたられて，平野における洪水の作用を解明されたりした。そして，平野の地形の特徴によって水害の様相に差異のあることに着目され，水害地形分類の構想を抱かれるようになり，多くの研究者を指導してそれを実現されたが，この構想はさらに国土調査などの事業に発展，継承されるに至った。また，堤防・ダムなどの建設によって，河川の性状が変化し，これによって各種の二次的災害が惹きおこされていることを指摘され，人間活動による自然の改変の結果，自然環境の悪化を招来していることを力説された。これは近年勃興した環境科学の先駆的研究ともいうべきものであり，先生は研究成果を国土の保全・開発事業に生かすことを念願されて，逝去の直前まで幅広い活躍をつづけられ，自然地理学の応用面の開拓につとめられた。

先生は，日本における地理学の研究が高い水準にありながら，世界の学界に十分紹介されていないことを惜まれるとともに，さらにその水準を世界の第一線に引上げる必要のあることを痛感されて，昭和32年にわが国において国際地理学連合地域会議を開催することを決意され，その組織にあたられた。この会議は，規模こそ小さかったが，日本の地理学の研究成果を世界に紹介するのに大いに貢献したとともに，日本の地理学界に大きな刺激を与え，爾後国際交流や海外における調査研究がいちじるしく活発になった。さらに先生は，

昭和31年から8年間，国際地理学連合副会長をつとめられ，世界の地理学界の発展にもつくされた。日本の地理学を世界の水準に引上げるのにつくされた先生の功績は，長く記憶されることであろう。

先生は，日本地理学会，日本第四紀学会の運営においても，指導的な役割を果され，いずれも会長に選ばれ，名誉会員に推薦された。また先生は，その広い学識や円満な人柄，さらに親身も及ばぬ温かい配慮などから，出身学校や専門分野をこえて，多くの人々の敬愛を集めておられた。

つつしんで先生のご冥福をお祈りする次第である。

（吉川虎雄）

おしらせ

東京地学協会は，地学会館の新築工事のため，今のところ事務所を下記に移転しております。

宛名番地：〒102　東京都千代田区九段南 4-5-11，富士ビル7階

電話番号：(261) 0809（いままでと同じです）

位　　置：靖国通りの一口坂交叉点そば，麹町郵便局東隣り。

交通の便：市ケ谷駅から徒歩約7分，都バス（東71，秋72，茶80）一口坂バス停前。

但し郵便物は旧住所（千代田区二番町 12-2）のままでも配達されます。

東京地学協会

昭和52年度（第99回）収支計算書

昭和52年4月1日から昭和53年3月31日まで

昭和53年5月20日通常総会

貸借対照表

昭和53年3月31日現在

借方 摘要	金額	貸方 摘要	金
固定資産	円	基金	
土地建物	8,201,265	基金	3,50
機械設備什器	2,624,497	運用資金	
図書	706,113	会館敷金	6,64
有価証券	200,000	預り金	2,94
流動資産		退職給与積立金	2,87
預金及現金	8,331,643	未払金	
現金 25,252円		百周年記念特別預り金	40
預金 8,306,391円		積立金	
受託頒布図書在高	248,280	敷金返還準備金	6,27
建築委員会勘定	2,400,000	事業復興資金	26
未収金	1,250,000	別途積立金	1,60
		不足金	△ 54
		本年度剰余金 320,497円	
		前年度不足金 861,238円	
合計	23,961,798	合計	23,96

財 産 目 録

昭和53年3月31日現在

科目	前年度残高	52年度末残高	比較増△減額
資産の部	円	円	円
固定資産			
土地建物	8,201,265	8,201,265	
什器備品	2,624,497	2,624,497	
図書	706,113	706,113	
有価証券	200,000	200,000	
固定資産計	11,731,875	11,731,875	
流動資産			
現金	21,493	25,252	3,759
預り金	10,660,742	8,306,391	△ 2,354,351
普通預金	2,473,733	2,095,780	△ 377,953
第一勧業銀行			
飯田橋支店	88,629	385,567	296,938
麹町支店	2,081,817	1,460,110	△ 621,707
三菱銀行	303,287	250,103	△ 53,184
定期預金	1,428,089	0	△ 1,428,089
第一勧業銀行			
飯田橋支店	1,428,089	0	△ 1,428,089
貸付信託	6,040,000	5,700,000	△ 340,000
住友信託	3,100,000	4,000,000	900,000
安田信託	2,940,000	1,700,000	△ 1,240,000
金銭信託	391,890	332,518	△ 59,372
住友信託	202,420	163,367	△ 39,053
安田信託	189,469	169,151	△ 20,318
振替預金	327,030	178,093	△ 148,937
受託頒布図書在高	190,596	248,280	57,684
建築委員会勘定	0	2,400,000	2,400,000
未収金	0	1,250,000	1,250,000
流動資産計	10,872,831	12,229,923	1,357,092
資産合計	22,604,706	23,961,798	1,357,092
負債の部			
会館敷金	6,640,000	6,640,000	
退職給与積立金	2,441,350	2,877,350	436,000
預り金	2,707,062	2,942,147	235,085
未払金	38,700	4,000	△ 34,700
百周年記念預り金	0	400,210	400,210
負債合計	11,827,112	12,863,707	1,036,595
差引正味資産	10,777,594	11,098,091	320,497

昭和52年度（第99回）収支計算書

昭和52年4月1日から昭和53年3月31日まで

科　　　目	予　算　額	決　算　額
収入の部	円	円
(1) 会費収入	1,303,000	1,338,850
正会員	1,203,000	1,248,850
賛助会員	100,000	90,000
(2) 基本財産収入	11,795,000	11,083,614
基本財産利子	520,000	576,198
会館収入	11,275,000	10,507,416
常時貸室料	10,260,000	9,405,583
臨時貸室料	795,000	882,233
管理共通費収入	220,000	219,600
(3) 運用財産収入	150,000	183,003
利子収入	150,000	183,003
(4) 印刷物収入	8,300,000	10,698,562
地学雑誌収入	1,300,000	1,817,010
受託頒布図書収入	7,000,000	8,881,552
(5) 雑収入	40,000	1,359,900
建築委員会より繰入		1,250,000
広告料収入	30,000	107,900
雑入	10,000	2,000
合　　計	21,588,000	24,663,929

科　目	予 算 額	決 算 額
支出の部	円	円
(1) 事務費	11,946,000	11,832,450
人件費	7,356,000	7,793,770
俸給給料	4,253,000	4,468,272
諸手当	2,103,000	2,380,102
謝金	60,000	60,000
福利厚生費	504,000	449,396
退職金	436,000	436,000
事務所費	4,590,000	4,038,680
消耗品費	200,000	280,106
印刷費	150,000	243,270
火災保険料	30,000	19,310
修繕費	200,000	25,900
建築物償却費	800,000	0
役務費	400,000	405,500
旅費交通費	60,000	53,110
通信運搬費	450,000	435,759
水道光熱費	350,000	383,989
租税公課	1,450,000	1,548,840
会議費	250,000	389,683
備品費	50,000	12,420
雑費	200,000	240,793
(2) 事業費	9,640,000	12,510,982
地学雑誌出版費	4,720,000	5,238,992
編集費	730,000	748,632
印刷製本費	3,640,000	4,137,480
発送費	350,000	352,880
受託頒布図書事業費	4,700,000	7,043,170
図書室費	50,000	7,270
図書整備費	0	1,600
図書購入費	50,000	5,670
地学振興費	0	0
講演会費	20,000	72,990
調査研究費	50,000	96,010
地学功労者表彰費	0	0
地学クラブ費	100,000	52,550
(3) 予備費	2,000	0
支出合計	21 588 000	24 343 432
当期剰余金	0	320 497
合　計	21,588,000	24,663,929

不足金処理	
本年度収入高	24,663,929円
同　支出高	24,343,432円
差引剰余金	320,497円
前年度繰越不足金	△ 861,238円
当期末未処理不足金	△ 540,741円

不足金処理	
昭和52年度当期末未処理	
不足金	540,741円
これを次の通り処理する。	
翌年度(昭和53年度)へ繰越	540,741円

昭和53年度（第100回）収支予算書

科目	前年度予算額	予算額	比較増減額（△）
収入の部	円	円	円
(1) 会費収入	1,303,000	1,350,000	47,000
正会員	1,203,000	1,250,000	47,000
賛助会員	100,000	100,000	
(2) 基本財産収入	11,795,000	10,000	△ 11,785,000
基本財産利子	520,000	10,000	△ 510,000
会館収入	11,275,000	0	△ 11,275,000
常時貸室料	10,260,000	0	△ 10,260,000
臨時貸室料	795,000	0	△ 795,000
管理共通費収入	220,000	0	△ 220,000
(3) 運用財産収入	150,000	150,000	
利子収入	150,000	150,000	
(4) 印刷物収入	8,300,000	8,890,000	590,000
地学雑誌収入	1,300,000	1,890,000	590,000
受託頒布図書収入	7,000,000	7,000,000	
(5) 建築委員会より繰入金	0	15,000,000	15,000,000
(6) 雑収入	40,000	125,000	85,000
広告料収入	30,000	120,000	90,000
雑入	10,000	5,000	△ 5,000
収入合計	21,588,000	25,525,000	3,937,000
合計	21,588,000	25,525,000	3,937,000

科目	前年度予算額	予算額	比較増△減額
支出の部	円	円	円
(1) 事務費	11,946,000	12,301,006	355,006
人件費	7,356,000	8,583,506	1,227,506
俸給給料	4,253,000	5,048,064	795,064
諸手当	2,103,000	2,537,358	434,358
謝金	60,000	70,000	10,000
福利厚生費	504,000	492,084	△ 11,916
退職金	436,000	436,000	
事務所費	4,590,000	3,717,500	△ 872,500
消耗品費	200,000	200,000	
印刷費	150,000	200,000	50,000
火災保険料	30,000	0	△ 30,000
修繕費	200,000	0	△ 200,000
建物償却費	800,000	0	△ 800,000
役務費	400,000	50,000	△ 350,000
旅費交通費	60,000	60,000	
通信運搬費	450,000	450,000	
水道光熱費	350,000	360,000	10,000
租税公課	1,450,000	1,400,000	△ 50,000
会議費	250,000	357,500	107,500
備品費	50,000	0	△ 50,000
雑費	200,000	640,000	440,000
(2) 事業費	9,640,000	11,683,000	2,043,000
地学雑誌出版費	4,720,000	5,204,400	484,400
編集費	730,000	1,004,400	274,400
印刷製本費	3,640,000	3,840,000	200,000
発送費	350,000	360,000	10,000
受託頒布図書事業費	4,700,000	5,600,000	900,000
各種委員会	0	580,600	580,600
図書室費	50,000	10,000	△ 40,000
図書整備費	0	0	
図書購入費	50,000	10,000	△ 40,000
地学振興費	0	0	
講演会費	20,000	108,000	88,000
調査研究費	50,000	80,000	30,000
地学功労者表彰費	0	100,000	100,000
地学クラブ費	100,000	0	△ 100,000
(3) 予備費	2,000	1,000,253	998,253
支出合計	21,588,000	24,984,259	3,396,259
(4) 前年度繰越不足金		540,741	540,741
合計	21,588,000	25,525,000	3,937,000

Journal of Geography
Vol. 87, No. 3 (825), 1978

地学雑誌　第825号　昭和53年6月20日印刷　昭和53年6月25日発行
編集兼発行者　式　正英
発行所　社団法人　東京地学協会　東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102　電話東京(261)0809番　振替口座東京 66278番
印刷所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎 3-12-15

東京地学協会取扱い出版物

(※近刊)

$\frac{1}{5万}$ 地質図説明書付き（△印を除く）

(▲印新刊)

各 460円
〒 400円

上松
足尾
厚田
阿仁合
赤穂
秋葉山
岩内
飯田
今治西部
伊予三崎
岩館
宇部
宇部東部
襟裳岬
渡島小島
飫肥
大垣
大迫
大畑
近江長浜
大屋市場
鬼鹿
尾花沢
小浜
蟹田
海南
唐津
冠島
霧島山
串本
鞍岡

小清水
小泊
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
田沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智
男体山
西方
沼田
鋸崎
八丈島
春立
羽幌
浜益
東茂住
燧岳
平戸
人首
船津
幌加内

本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
森吉山
門別
焼尻島
湯本
吉野山
米子
呼子
留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
羽前金山
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島
大村
奥津
大江山
鹿屋
上里
鯛ノ浦
加子母
金木
加治木

北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
川内
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦
肥前高島付野母崎
日奈久
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

五所川原
田老
妹背牛
△横田
脇野沢

850円 〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

竹田
蓼科山

2,390円
〒 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二〃 650 / 第三〃 750

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
▲伊良部島
沼岩
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
※尻屋崎
竹貫
多良間島
鶴居

▲利
富
那 珂
野
彦根
都
▲八
陸奥
米内

各 1,
〒
羽後
▲和
大
館
多
飛騨

各 1,8
〒
秋
▲上 石
※本
八 が

各1組
〒
芦辺・勝本・
大槌・
大 間・
阿田和・
伊予高山・
掛 塚・

$\frac{1}{20万}$ 地質図 各 〒 300円（※近刊）

各440 円

石巻
大分
男鹿島
唐津
高知
野辺地
羽幌
松山

輪島
伊良湖岬

各 620円

青森
網走
酒田
新庄
標津
苫小牧

深浦
宮津
稚内

各 870円

岩内
天塩
広尾
尻屋崎

各 1,140円

根室
島取
北見
剣山
斜里

各 1,310円

留萌
帯広
知床岬

釧路
豊橋
野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎
旭川

2,350円
弘前および深浦

$\frac{1}{7万5千}$ 地質図説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首
高松
徳島
勿来

$\frac{1}{50万}$ 地

各 1,
金
岡
1,95
福
各 50
八丈
奄美
2,32
釧
以上〒

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 4 (826), 1978

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　※近刊　▲印新刊)

各 〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
※1/200万	日本活断層図	930
▲ 1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900

海洋地質図　各 〒400円

1/ 20万	(I)	飯島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(II)	対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(III)	相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(IV)	相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(V)	紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(VI)	紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(VII)	琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(VIII)	西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
▲1/ 20万	(IX)	八戸沖表層堆積図	2,350

日本油田ガス田図	(I)	青山奥	820
〃	(II)	横　浜	820
〃	(III)	横須賀	820
〃	(VII)	魚　沼	3,410 〒750
〃	(VIII)	本　宿	1,510
〃	(IX)	七　谷	820
〃	(X)	茂　原	2,140
〃	(XI)	佐　渡	1,510
同　上	説明書	佐　渡	1,510

日本水理地質図　各 〒400円

(IV)	山梨県釜無川および笛吹川流域	
(V)	香東川・土器川・財田川流域	
(VI)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	
(VII)	千葉西部	
(VIII)	奈良県大和川流域	
(XI)	長野県松本盆地	
(XII)	兵庫県南西部	
(XIII)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
(XV)	都城盆地	
(XVI)	仙台湾臨海地域	
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	
(XX)	鳥取県日野川流域	
(XXI)	福岡県矢部川中流域	
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,
(XXV)	島原半島	1,
▲(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,
▲(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,

空中磁気図　各 〒450円

(I)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,
(II)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,
(VI. VII)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,
(VIII. IX. X)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,
(XI. XII)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,
(XIII)	福井-豊岡-隠岐海域	
(XIV. XV. XVI)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1
(XVII. XVIII)	天北-十勝地域	

各〒450円(ただしI, II, IIIは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870

日本炭田図	(I)	常磐炭田図ならびに説明書
〃	(II)	北松
〃	(III)	留萌炭田大和地区
〃	(IV)	常磐炭田泉地域
〃	(V)	釧路炭田新縫別地域
〃	(VI)	石狩炭田空知区東芦辺地域
〃	(VII)	釧路炭田北西部
〃	(VIII)	雨竜一留萌
〃	(IX)	佐世保市南西部新
〃	(X)	新潟県赤谷
〃	(XII)	佐世保市西南部地域ならびに説明書
〃	(XIII)	天北炭田地質図
		天北炭田炭層対比図炭柱図

▲ Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
上製 3,950円　並製 3,780円



写真 1　ファウルホルン北西面のナップ



写真 2　アエウス西面のナップ

スイス・アルプスのナップ
Nappe Structure in the Central Swiss Alps

ファウルホルン(2680.7m)はブリエンツ湖～アーレ川の谷と，グリンデルヴァルトのあるリュッチェンタールの間に位置している。この西南西～東北東にのびる山塊は標高3,000m に満たず，ほとんど氷河をもたない点で，リュッチェンタールを隔ててその南側にそびえる山群とは対照的である。

ユンクフラウ三山を初めとする4,000m 級の山々が並び，アルプス最大の大アレッチ氷河を抱く南側の山塊は，ヘルシニアン造山運動で形成された結晶質岩のオートクトンヌからなる。これを直接被覆する堆積岩類はドッガー～マルムのジュラ系，および白亜系の石灰岩類（オートクトンヌ～パラ・オートクトンヌ）で，リュッチェンタールの低地を占める始新統のフリッシュに絶壁をなして臨み，有名なアイガーの北壁もここにある。

ファウルホルンの山塊はちょうどナップ帯（ヴィルトホルン・デッケ）に当たつており，ほぼ東西のプランジした褶曲軸をもつジュラ系～白亜系が，著しいナップ構造をつくって露出している。写真 1 (右図 ×1 地点)に示したのは，ファウルホルンの山頂直下に露出する褶曲したドッガーの砂岩頁岩互層である。頁岩は著しく千枚岩質となり，凍結破砕を受けて崩壊地をつくることが多い。

写真 2 はファウルホルンの西南西約3.5km に位置するアエウス (2423.4m)の西面（右図 ×2 地点）で，黒っぽく写っているジュラ系の砂岩・頁岩と，白い白亜系の石灰岩が見事なナップをつくっている。石灰岩の表面には雪食によるラピエが発達していることが多い。

右図はスイス地質コミッションの 1/500,000 スイス構造地質図 (1972年発行)をもとにしたものである。

(1976年8月，小野有五　撮影，Photo by Y. Ono)



地学雑誌 87, 4 (1978)

海底マンガン団塊研究の最近の動向

盛谷智之*

Status of the Research Programs on the Ocean Floor Manganese Nodule Deposits

Tomoyuki MORITANI

Abstract

Ocean floor manganese nodules have attracted worldwide attention as the possible future resources. However, many problems in the distribution and origin of the nodules remain still unsolved, because of the lack in reliable seabed information. Thus, several leading ocean-oriented countries are now carrying out, or have plans about the systematic research programs on manganese nodules, including both prospectings mainly by industry groups, and scientific studies by the governmental and university groups, in which the results of the latter scientific studies are expected to serve as the guideline for the former prospectings. The representative programs are as follows:

In Japan, "Basic researches on the deep sea mineral resources" is being conducted by the Geological Survey of Japan, for the northern Central Pacific Basin, using R/V Hakurei-Maru (1,821 tonnage), with participation of the NIPR (National Institute for Pollution and Resources) in each cruise on their own program, "Technological study on the development of deep sea mineral resources". Also, the industries group, DOMA (Deep Ocean Minerals Association), is engaged in a program of "Development of new prospecting technology for manganese nodule deposits", with the objective areas south of Hawaii Islands of the Pacific.

In the United States, there are three categories of research programs, being actively conducted by the groups of universities, Federal organizations, and industries respectively. The first is "MANOP (Manganese Nodule Program) of NSF (National Science Foundation) Seabed Assesment Program, carried out by the interuniversities group. This is now concentrated on the detailed studies of the sea floor to obtain its real physical, geochemical and biological informations by means of the in-situ measurement instruments, deployed in each representative area of different sedimentological condition of the Pacific. The second is "DOMES (Deep Ocean Mining Environmental Studies)" of the Office of the Marine Minerals, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), in which the research groups from the Federal organizations such as NOAA and U.S. Geological Survey are in charge of conducting its geological aspects. The third are the programs of the industry groups related to the commercial development of manganese nodules, including prospecting, mining and processing. Four major international consortiums, Deepsea Ventures Group (OMA, Ocean Mining Association), INCO Group (OMI,

* 地質調査所海洋地質部 Marine Geology Department, Geological Survey of Japan.

Ocean Management Inc.), Kennecott Group (Kennecott Exploration), and Lockeed Group (OMC, Ocean Minerals Co.) are now developing their programs, aiming at mining operation tests in the Pacific as immediate objectives.

In West Germany, a program, "Researches on manganese nodules", is actively promoted under the coordination and sponcering of the Ministry of Research and Technology, with participation of the Federal Institute for Geoscience and Natural Resources, universities and industries association (AMR, Arbeitsgemeinschaft meerestechnisch gewinbare Rostoffe), using R/V Valdivia (1,317 tonnage), for the objective areas between Clarion and Clipperton fracture zones of the Pacific.

In France, CNEXO (Centre National pour L'Exploitation des Oceans) and its research group, AFERNOD (Association Français d'Étude et de Recherche des Nodules océaniques) are carrying out "Rsearches on polymetallic (manganese) nodules", mostly for the southern Central Pacific Basin.

In England, a research group has done recently some research cruises on the manganese nodules and metalliferous sediments for the Indian Ocean.

Among other programs, there are some feasibility study of nodule mining by Canada, Soviet Union's earlier studies on manganese nodules of the world oceans, and the recomended mineral resources study program of CCOP/SOPAC (Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas).

I. はじめに

海底マンガン団塊は，約1世紀前，1872～1876年の英国のチャレンジャー号探検によってすでに発見されていたが，1960年代に入ってから銅，ニッケル，コバルト，マンガンなどその含有金属を対象とする経済的価値が認められるようになり，以後アメリカ，西ドイツ，フランス，ソ連，日本など世界の海洋先進諸国による活発な調査研究が進められてきた。さらにマンガン団塊の開発の問題は世界の関心をよび，国連海洋法会議の主要テーマとして討議が行なわれ，ここでは開発を有利に行ないたい先進国側と，それを人類共同の財産として利益を確保しようという発展途上国側の意見が対立し難航している。最近では開発派の先鋒であるアメリカで，1977年10月に海洋法会議担当の国連大使が議会公聴会の証言で，条約成立までの暫定的性格であるが，深海底開発のため国内法の制定が必要だと述べるなど，新しい局面も生じている。

このような探査，開発にさいしては，マンガン団塊とそれが存在する海底環境の実態の把握，開発が行なわれたさいの環境への影響の事前評価などが必要である。とくにマンガン団塊の分布の規則性，成因など地質学的な解明が不可欠である。しかしながら，これらは依然として謎につつまれ不可解なことが多く，団塊の生成は海底面付近における何か，地質環境，素材などに関係するのであろうということが，もっとも確かに解っている唯一の事実だともいわれるような現状である。これは海底のいろいろな地質現象に関する実際の知識，データがまだ非常にわずかにしかないことの反映である。

現在このような謎に挑戦するため，世界の各国で組織的な研究活動が行なわれつつあり，また計画されている。これらは大学，政府機関，民間企業によるものを含むが，とくにプロジェクト研究，さらには国際的協力のもとに推進される場合が多いことに特色がある。しかしながらその成果については，民間企業のものはほとんど伺い知ることができない。

マンガン団塊研究全体のレビューは，最近 GLASBY (1977) 編や，日本でも原田 (1977) によって詳しくなされている。ここでは，個々の研究論文，成果には立ち入らないで，マンガン団塊の分布，成因など

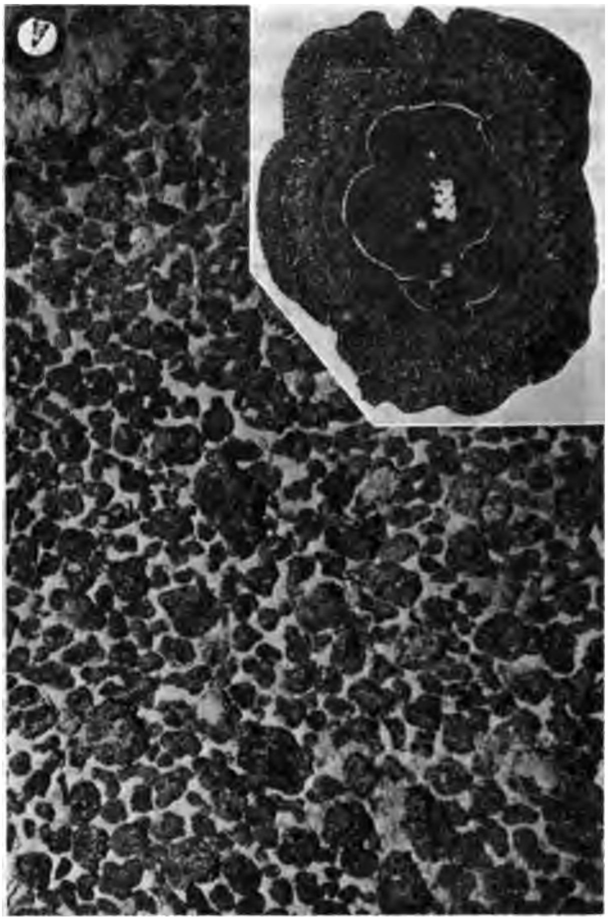
の問題点は具体的には何か，そしてその解明に向って，世界でどのような問題意識をもつロジェクト研究計画が実施されているかを，諸論文，資料のほか，筆者が直接それらの関係者からきき得たデータなどから述べてみたい。

II. マンガン団塊の一般的特徴

マンガン，より正確には鉄マンガン質の自生濃集体には，一般にマンガン団塊と呼ばれる径が1cm 程度から数 cm，ときには10cm 以上の，"じゃがいも" ないし "卵" 形で代表される礫状塊のほかに，堆積物中に分布する径1mm 以下の微小団塊，海水などの岩盤上に発達する皮殻，そして固結凝灰岩の板を被覆した板状体も存在する。しかし，広義にはこれらの濃集体を総称してマンガン団塊と呼んでいる場合もある。本文では，研究計画の紹介が目的であるので，あまり厳密な区分なしに団塊の用語を使うことにする。

さて，マンガン団塊は普通，海底の堆積物表面上，正確には堆積物—底層水界面に存在し，その分布密度は散点的なものから文字通り海底をびっしり敷きつめた場合まであり，後者の状態をペーブメント（敷石床）と呼ぶこともある。第1図の海底写真はその1例を示したもので，団塊は堆積物の表面だけにいわば1枚の層をなして存在している。海底表面への偏在現象が実はまだうまく説明されていない最大の謎である。

マンガン団塊の表面は，褐色から黒色までの色を呈し，また比較的滑らかあるいは粗い構造をしている。しかし，もっと特徴的なのはその内部構造で，団塊を切断するとさまざまな色あいの同心円状の薄層が何枚も重なった縞を示す(第1図)。これらの各縞層は団塊が中心から次第に成長したものであることを直観的に示すが，そのさまざまな幅と組成のちがいによる色あいは，成長が決して単純なものでないことを物語り，このいわば団塊の年輪のできかたも，十分な説明の得られていない重要な問題である。



第1図　海底マンガン団塊の産状を示す海底写真と団塊試料の断面。海底写真は中央太平洋海盆の水深5,500 m の海底のもので白嶺丸 GH 74-5 航海で撮影，左上端は直径7cm のコンパス。右上部の研磨断面写真は GH 76-1 航海で得られたもので，長径が約4cm である（水野・盛谷，1977による）。

マンガン団塊の化学組成は，マンガンと鉄の主成分元素と，銅，ニッケル，コバルトなどの随伴成分元素からなるが，それらの含有量は地域的に変化することがわかっている。とくに経

済的に主要な対象と考えられている随伴成分の銅，ニッケル，コバルト（最高で数パーセント）においてよりそうである。

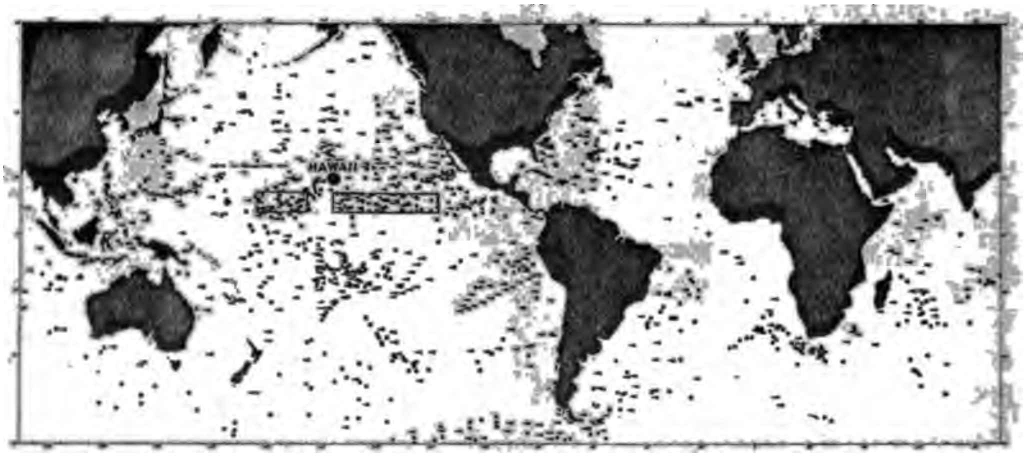
マンガン団塊の主要な構成鉱物は，マンガン酸化物と鉄水酸化物，それに粘土鉱物を中心とするアルミノ珪酸塩である。これらの鉱物の粒子は非常に小さく，結晶度も弱いため，鉱物の同定が困難であり，鉱物命名の混乱の原因ともなっている。現在，マンガン鉱物相としては todorokite（あるいは10Å-manganite），birnessite（あるいは δ-MnO_2 の無秩序型），δ-MnO_2 などが認められ，含鉄鉱物相は通常，X線的に非晶質で，もっとも普通のものは針鉄鉱あるいは非晶質水和酸化物である（MARGOLIS and BARNS, 1976；臼井，1976）。

マンガン団塊の鉱物組成と化学組成とは密接な関係をもち，todorokite（10 Å-manganite）に富む団塊は鉄の含有量が低く，微量成分の Ni, Cu が濃集している。これに対して birnessite（δ-MnO_2）に富む団塊は，Fe の含有量が Mn のそれとほぼ同じで，Cu, Ni の含有量は少なく，Co が相対的に濃集している（CRONAN, 1977；臼井，1976）。

このような化学組成，鉱物組成の変化は団塊の生成条件のちがいを反映するものと考えられる。このためマンガン団塊の化学組成，鉱物組成と生成条件の解明は，経済的に重要な鉱床の探査において貴重な指針となるだろう。

III. マンガン団塊の分布

これまでの諸調査で，マンガン団塊が大局的には世界の各大洋に広く分布していることが示されている（第2図）。これは大洋底だけでなく，他の堆積環境にも産する。CRONAN（1977）は，堆積環境によるマン



第2図　世界におけるマンガン団塊の分布。黒丸はコア試料，矢印はドレッジ試料の各データによる。枠で示す部分はとくに経済的にもっとも有望といわれてきた地域（HORN et al., 1973a による）。

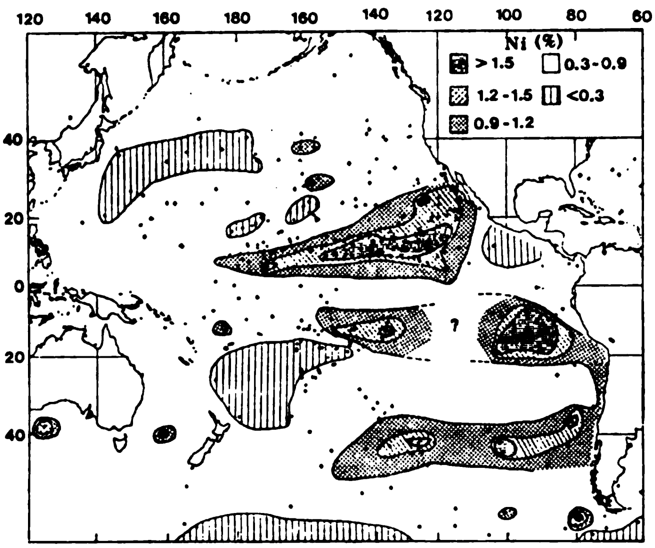
ガン団塊の分類を試み，7つの堆積環境型を区分し，それぞれが特徴的な化学組成をもつことを示した（第1表）。すなわち，大洋底海山，海台，活動的海嶺，活動休止海嶺，大陸境界地，縁辺部海山・礁および水深2,000～6,000 m の深海底の各型がそれで，これらは例えば，海山型は高 Co 含有量，大陸境界部型は高 Mn/Fe 比，深海底型は高 Cu 含有量で特徴づけられ，これと対照的に，活動的海嶺と活動休止海嶺の両型は Mn/Fe 比を除いては変わらず，縁辺部海山・礁型との差もない。彼はこの変化を，堆積速度，底層流，それらに関連する酸化還元電位などとの関係から説明している。

太平洋の深海底型団塊の化学組成の地域的変化については，PIPER と WILLIAMSON（1977）が，鉱物

第1表　各堆積環境のマンガン団塊および皮殻中の Mn, Fe, Ni, Co, Cu の平均含有量，単位% (CRONAN, 1977により一部修正)。

環境型 Type / 成分 Components	世界の平均 World average	大洋底海山 Sea-mounts	海　台 Plateaux	活動的海嶺 Active ridges	活動休止海嶺 Other ridges	大陸境界地 Continetal borderlands	縁辺部海山・礁 Marginal seamounts and banks	深海底 Abyssal nodules
Mn	16.17	14.62	17.17	15.51	19.74	38.69	16.65	16.78
Fe	15.60	15.81	11.81	19.15	20.08	1.34	19.32	17.27
Ni	0.488	0.351	0.641	0.306	0.336	0.121	0.296	0.540
Co	0.298	1.15	0.347	0.400	0.570	0.011	0.419	0.256
Cu	0.256	0.058	0.087	0.081	0.052	0.082	0.078	0.370
Mn/Fe	1.03	0.92	1.53	0.80	0.98	28.8	0.81	0.97
Depth (m)		1,872	945	2,870	1,678	3,547	1,694	4,460

組成，堆積速度，生物学的生産性との関係から検討を行なっている。例えば高 Ni・Cu 含有量と高 Mn/Fe 比の地域は，高生物学的生産性の赤道帯に隣接する南北の，低堆積速度の部分に，また低 Ni・Cu 含有量と低 Mn/Fe 比の地域は，低生物学的生産性の北太平洋と南太平洋の中心部に位置していると指摘している（第3図）。



第3図　太平洋におけるマンガン団塊中の Ni 含有量の分布図。十印は団塊の位置を示す(PIPER and WILLIAMSON, 1977による)。

一方，堆積物中に埋没している団塊の垂直分布についての情報は，通常のコア，最近では深海掘削計画のロングコアによってもたらされている。HORN et al. (1973 a) は，通常のコアの検討から，北太平洋域で91%が堆積物-水界面に集中しており，深部のものは少ないことを報告している。これに対して MENARD (1974) は，深海掘削計画のロングコアーの検討から，団塊は海底表面から－410 mまでの深さの位置まで存在し，時代的には始新世から現在までの堆積物中に産出し，第三紀堆積物中に多産すること，Cu・Ni 含有量が高いこと，などを報告している。埋没団塊は経済的な対象とはならないが，マンガン団塊の成因を考える上では重要である。まだ正確な情報量が不足しているので，今後データの増加が望まれる。

以上は世界の大洋全体の規模でみた，マンガン団塊の水平的あるいは垂直的分布の傾向を示すものである。しかし，われわれが実際に調査してみると，団塊の量，形態型，鉱物組成，化学組成は，小さなスケールで，例えば同一測点域あるいはわずか数 km 離れて変化することさえあり，事実はもっと複雑で局地的変化に富んでいる（野原，1976）。これはおそらく，もっと局地的な地形，それにより生じる水流の

変化や洗流作用など堆積環境，金属成分の供給経路，あるいは他の要因における差を反映しているものであろう。このようなマンガン団塊の局地的な分布の規則性を明らかにすることは，大局的，広域的な分布の傾向の把握とともに探査の有効な指針となりうる。したがってこのために密なサンプリングを含む詳細な調査を行なう必要がある。

IV. マンガン団塊の成因の問題

マンガン団塊の成因には，究極的供給源，供給過程および沈殿機構の三つが関与しており，それらを区別して検討する必要がある。

究極的供給源としては，陸源の河川による溶存および粒子状成分の流入，マグマ源・熱水作用による海底地殻内部からの成分の導入，さらには宇宙源成分の加入などがある。しかし，どのようなマンガン団塊にとっても，これらの供給源がおそらく複合した形で寄与するのであろう。その役割を厳密に規定するのは困難で，残った問題は各供給源の大きさ，重要度と，それぞれのマンガン団塊のフィールドへの相対的な寄与度を知ることである。

供給過程は，海底の堆積物―水界面でのマンガン団塊の濃集を実際に生じさせるもので，次のような仮説がある。

①団塊の成分が海底に下降する生物源の粒子状物質に付いて垂直的に運搬され，海底に堆積するか，あるいは炭酸カルシウム補償深度以下では生物源物質の溶解により金属成分のみの形で連続的に搬入されることにより供給される。

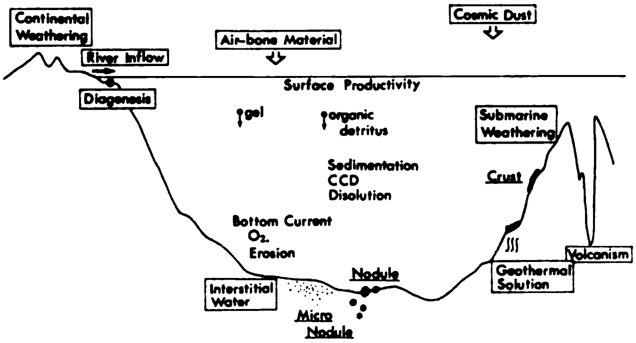
②局地的な火山活動が，濃縮成分の溶液を直接海底に放出することにより供給される。

③団塊成分が堆積物中の間隙水を通じ，あるいは一緒に上方に移動することで供給される。

④団塊成分は海底を流れる通常の海水によって分配，供給される。

沈殿機構には，供給された成分が物理化学的過程で露出表面に直接沈殿する場合と，生物学的過程で底生生物群の物理的・代謝活動に支配され沈殿する場合とが考えられている。

上記のような供給過程，沈殿機構の諸仮説は，かならずしも相入れないというものでなく，共に関与する可能性もあろう。これらは従来から実にさまざまな形で述べられているが，統一的な成因の説明は得られていない。今後，確実で，具体的なデータにもとづいて評価していく必要がある。これに関連して原田(1977)が従来の諸仮説を概念図にまとめているのでそれを紹介しておく（第4図）。



第4図　マンガンの供給源と団塊の分布との関係を示す概念図（原田，1977による）。

次にマンガン団塊の成因や分布，化学組成の問題に関連する各要因の評価・検討の現状にふれておく。

堆積速度：一般的に低堆積速度が，陸源あるいは生物源砕屑物による金属成分の希薄化を避け，マンガン団塊の沈殿と高濃集をもたらし，その分布を規制する重要な要因であることが認められている。太平洋では1 mm/10^3年以下の低堆積速度の地域に高濃集域が存在する。このような低堆積速度の地域は一般的にいえば，陸源物質のとどかない遠洋域の場合が多く，さらにそこでも生物源砕屑物の供給が少ない，低生物学的生産性や炭酸カルシウムが溶解する補償深度（4,000m 付近）以下の大きな水深の部分と関連している。

底層流：強い水流の存在は，洗流作用による堆積物の堆積の妨害あるいは侵食により，結果的には低堆積速度の効果を与え，相対的に団塊の金属沈殿作用を卓越させる。またそのさいマンガン酸化物の生成に必要な酸素の供給の役割もはたす。北アメリカ大西洋岸フロリダ沖のブレーク海台のマンガン団塊とメキシコ湾流，南太平洋ー南極海・ドレーク海峡・スコシア海のマンガン団塊と南極周極海流，などの関係がこのようなものとして比較的良く調べられている。一方，底層流は活発な湧昇流を生じさせ，それが高生物学的生産性，プランクトンによる微量金属成分の捕集と海底への垂直的運搬，ひいては微量金属に富む高品位マンガン団塊の濃集をもたらす，という見方もある。

火山活動：すでに述べたように，局地的な火山活動が金属成分の供給に関与するであろうという推定はしばしばなされている。これらの論拠は，海嶺域の比較的若い玄武岩海洋地殻上における鉄マンガン皮殻，鉄マンガン金属泥堆積物の存在，それから離れた深海域のおそらくより古い玄武岩地殻あるいは火山体などを示す深海丘や海山地域へのマンガン団塊の偏在傾向，玄武岩質の核の多産，金属の急速な供給と成長を示し同心円状の成層構造を欠く塊状皮殻・団塊の存在，局地的な化学組成の変化などである。あるいはこの火山活動による供給を重視すれば，団塊の同心円状の成層構造自体がその活動の消長をあらわすのではないかとも考えられるのである。

しかしながら，熱水活動を含む海底の火山学的過程がよくわかっていない。また供給された金属成分が一たん海水中に入り広範囲に移動し，通常の海水からの供給と混じり合いまた重なり合う可能性もあり，団塊生成と火山活動の関係の把握は非常に困難であり，その確実なデータはほとんど得られていないというのが現状である。このなかで，最近はフェイマス計画による中央大西洋海嶺のリフト谷の精密観測調査で，拡大軸から遠ざかるにつれマンガン酸化物の皮殻が厚くなる（Le PICHON, 1976）というような具体的データは貴重である。

核となる物質の存在：団塊の分布は核となる，とくに火山性物質が得られるかどうかに左右されるというシーズ（種）仮説を重視する研究者がかなり多い。しかし，実際のサンプリングデータはかならずしも，火山岩屑あるいは化石などと団塊分布との間の相関を示さない。高濃集域では破壊した古い団塊片が核となる場合がしばしばある。シーズ仮説は金属成分の供給やその他の要因との関連においてとらえる必要があろう。

団塊の成長速度：団塊の成長速度は団塊の成因に関して重要な情報を提供する。これには団塊表層部の数 mm について通常なされる放射能年代測定，団塊の核物質の年代を決定する核物質年代測定，そして団塊中に保存される微化石を利用する微化石層位的方法がある。放射能年代測定法はもっとも広く用いられており，主としてウラン系列の放射性同位元素の ^{230}Th，^{231}Pa および ^{236}Cl，さらに ^{10}Be などの分布を測定して年代を出すものである。これら各方法による深海底団塊の測定は，1～10mm/10^6年という調和的な速度を与えている。核物質年代測定法は，火山岩は K-Ar 法，フィション・トラック法，化石はアミノ酸ラセミ化反応を利用して，核になる物質の年代を決定し，団塊のマンガン酸化層の厚さと組合せて成長速度を出すもので，団塊の出発点が不明で，成長は均等で現在も続いていると仮定する。このため得られた値は成長速度の最小値を示す。この結果は上記の団塊表層部の放射能年代測定値にほぼ近い値を与えている。微化石層位学的方法は，団塊の各縞層の微化石を識別することによって各層の年代を生層位帯によって決定しようというものである。原田（1977）は，ギョーの団塊について，走査電顕観察による nannoplankton 化石の同定から３つの生層位を識別，表層２mm については1.0～6.7mm/10^6年，その下位48mmの層全体については最小平均速度39mm/10^6年という非連続的な速度が得られた例を報告している。

一方，浅海性あるいは淡水性の団塊については，0.数 mm～数 mm～数10cm/10^3年という速い速度が知られている。深海性の団塊についても，その内部構造を詳細にみると，内部が塊状で，表層部が成層したものもあり，成長はかならずしも連続的でなく，急速な部分や遅い部分などがあるのではないかと考えられている。今後そういった内部構造を考慮に入れた団塊の年代の検討が必要と思われる。

下位の堆積物の性質と存在関係：マンガン団塊は多くが海底面付近に偏在し，下位堆積物の性質や，団塊との関係が成因を考察する上で非常に重要である。これには表層堆積物のタイプ，堆積層の厚さ，堆積物と団塊との接触関係，堆積物中の間隙水の性質などが関係する。

太平洋の深海底で採取された試料によると，マンガン団塊は，陸海粘土，珪質粘土，珪質軟泥，石灰質軟泥などあらゆるタイプの堆積物に伴い，そのうち珪質粘土は42.6%が，これに対して石灰質軟泥はわずか12.4%が団塊を含むという統計例が報告されている（MENARD, 1976）。地質調査所が研究中の中央太平洋海盆域でも，表層堆積物断面は下位の深海粘土と，これを場所により覆う数 cm から20cm 程度の厚さで互いが同時異相の関係にある，珪質粘土，珪質軟泥，石灰質軟泥などからなるが（有田・木下，1976），一般に石灰質軟泥上での団塊の欠如を除いては，特定の堆積物タイプの団塊の偏在傾向は認められないようである。

むしろ，音波探査で識別されるもっと深い層準まで含む，例えば10m 近くから 200 m，ときにはそれ以上の厚さの音響的透明との関係が強い。すなわち団塊の存在量（われわれの調査結果では 0 から $48kg/m^2$ までの範囲のものを確認）は，透明層が厚くなると低下し，普通40～50m 以下の部分に高濃集量は限られる。しかし，薄い場合かならずしも高濃集量ではなく，その関係は単純に割り切れない。

さて，このような下位堆積物の年齢の問題は非常に重要だが，そのデータは乏しい。中央太平洋域の団塊のあるものは中新世の堆積物の上に直接のるのではないかと示唆された（HORN, et al., 1973c）。地質調査所の白嶺丸 GH 76—1 航海調査海域でも，深海粘土が中新世を，それを覆う珪質粘土などが中新世-第四紀を示す可能性が指摘された（有田・木下，1976）。また，GH 78-1 海域の海丘卓越部では，白亜紀の海洋地殻あるいはその上の火山体かと思われる，音響的基盤をなす火山岩の露出部直上付近に存在する団塊を確認した。さらに，MENARD (1976) は団塊の生成は各時代ともあるが主なものは第三紀に行なわれ，現在の海底表面の団塊は穿孔生物の継続的押し上げによって若い堆積物上に保持されている一種の化石であるとみなしている。しかし，一方では，100万年の年齢の海嶺上から団塊が採取されたりすることから，団塊は第四紀の堆積物上に限って存在するのではないかという考えもある（GREENSLATE, 1976）。このように団塊—堆積物の年齢の相互関係は複雑であり今後の検討が必要である。

いずれにせよ，団塊が堆積物—底層水界面上に多くの場合偏在することは確からしい。これは，1 mm/10^3 年の堆積速度の堆積物上に 1 ～10mm/10^6 年の遅い成長速度の団塊が，当然埋没すべきであるのに存在しているという奇妙な現象を示す。比重2.0-3.1 (MERO, 1977) の団塊がそれより軽い底泥上に存在する機構としては，上述の穿孔生物による押し上げ，底層流による転動，あるいは底層流による侵食露出などいずれかによるものと考えられる。

また、堆積物—底層水界面における団塊の存在状態は興味深い。団塊はそこで堆積物中に通常は半埋没，ときにはほとんど埋没した形で存在する。そして団塊の堆積物と接触する面が粗く，相対的に早い成長を示し，海水と接する面が滑らかなのと対照的である。さらにこれは化学組成・鉱物組成のちがいにも関連し，粗い表面構造の部分は todorokite と Mn・Cu・Ni に富み，滑かな部分は δ-MnO_2 と Fe・Co に富む，という特長を示す。このようなちがいは，海水と接する部分での海水からのゆっくりした砕屑物を伴う金属成分の沈殿と，堆積物と接する部分での間隙水からの微量元素に富む金属成分のより急速な沈殿を反映するものと説明されている。このためマンガン団塊の粗滑の表面構造などを基準にしたタイプ分類は経済的にも重要である（盛谷，1976）。

堆積物の間隙水の組成は，コアについて検討された例だと，コア頂部に Mn, Fe, Cu, Ni が10 ppb 以下から100 ppb までの範囲で濃集することを示している（GREENSLATE , 1976）。

生物の役割：暗黒の深海底にも活発な底生生物の活動があり，非常に低い成長速度の団塊に対して相対的には大きな影響を与えるものと考えられている。まず，団塊表面に住む着生生物による団塊の成長枠組の形成と金属成分の選択的濃集作用があり，電子顕微鏡的微細構造のあるものはその跡を示すとも考えら

れている。つぎに海底写真でしばしば観察される体長40cm にも達する大型のナマコなどの動物や糞塊，餌い跡の存在は底生動物の活発な活動と団塊への影響を示唆する。よくある破壊した古い団塊が核となり若い酸化層がそれを被覆した不規則・不完全形の団塊は，収縮による内因と，底生動物の動きによる外因から破壊された可能性がある。一方，穿孔動物の存在も堆積物断面でみられる巣穴様の印象などから示唆され，それらによる団塊の押し上げも検討してみる価値があろう。また，すでに述べたようにプランクトンによる海水面表層部での微量な金属成分の捕集と，海底への垂直的運搬の役割も炭酸カルシウム補償深度などと関連させ検討を要することである。

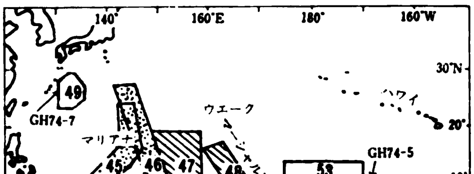
構造的背景，地形との関係：現在，深海底の構造的様相はプレートテクトニクスにより説明され，それとマンガン団塊の分布・成因との関係が注目される。このような構造要素には，活動拡大軸である海嶺，もともと海嶺で生産された線状の火山列で，卓越する海丘一盆地構造をつくる深海丘群，海底の移動史と地殻弱帯を表わす断裂帯，そしてその地域の海底形成のあとで起こった海山・ギヨー，火山島などのきわ立った形の火山地形，がある。一般的にいえば海嶺で，炭酸カルシウム補償深度より浅い水深で生産された海洋地殻が，側方に移動，内部の熱的収縮により沈下しながら，通過域の生物学的生産性に支配される堆積作用を受けていくという構造発達モデルが考えられている。しかしマンガン団塊とそれとの関係はまだ本格的に検討されていない。一方，個々の深海丘地形とマンガン団塊の分布とは，海丘の頂部，斜面，基部，谷などの位置により団塊の濃集量，タイプがちがうことなどから，密接な関係をもつことが予想される。おそらく地形が局地的な底層流，堆積作用の変化などに影響を及ぼし，それが団塊の成長に反映されるのかもしれない。精密調査による検討が必要である。

V．世界の各国のマンガン団塊研究計画

現在，マンガン団塊の研究は，その分布・成因などの基礎的研究ないし探査を中心に，これに環境事前評価研究，さらに採鉱，選鉱・精錬の研究まで含め幅広く行なわれている。そのうちここでは，分布・成因など地質学的側面の基礎的研究に重点を置いて，各国の現状を紹介する。これらは実際に実行中のもののほか勧告段階のものまでを含んでいる。

1) 日本：地質調査所の深海底鉱物資源の基礎的研究

日本では，地質調査所がマンガン団塊資源の地質的研究および探査方式の研究で主導的な役割をはたしてきている（水野，盛谷，1977）。すでに1969～1973年に東海大学丸Ⅱ世号，望星丸を傭船し，北西部太平洋における予察的研究を実施し，その後1974年度からは白嶺丸（1821トン）の就航により中央太平洋海盆のハワイ南西方からマーシャル群島西方にいたる海域を対象とした，本格的な5カ年計画にもとづく工業技術院特別研究「深海底鉱物資源の基礎的研究」へと発展している。航海は毎年60日間で，すでに GH 74-5，GH 76-1，GH 77-1，GH 78-1 の4回を実施した（第5図）。また，各航海には公害資源研究所も参加し，「海底鉱物資源開発技術に関する研究」を行なっている。



第5図　地質調査所の深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究計画（昭和45年度～昭和53年度）の研究海域。45，46は科技庁特調費によるもので，47，48，49は白嶺丸就航以前のもの（水野・盛谷，1977による）。

一方，1975年度からは，資源エネルギー庁の委託により，金属事業団と深海底鉱物資源協会が，同じ白嶺丸を使用し，ハワイ南方海域を対象に，毎年90日間の航海で本格的な探査活動を展開しており，さらに現在探査専用船（約2,000トン）が建造中で，1980年に就航予定である（明石，1976；長谷川，1976，1977）。この探査に対して地質調査所の基礎的研究は探査方式や分布の法則性などに関する基礎的情報を提供し

ている。

さて地質調査所の当研究計画では，計画海域全体の地質学的背景，およびマンガン団塊の分布と
関する大局的な傾向の把握に重点を置いている。このため通常南北１度（約110 km）の基本測点を
さらに重要な地域ではやや密な補助測点を加え，団塊や堆積物の採取，深海カメラによる海底観察
い，各測点間は音波探査などの地球物理調査を行なっている。得られた結果から，マンガン団塊の
質的分布と地形，堆積物，堆積層，深部地質構造との関係などさまざまな側面での総括を行なってきて
白嶺丸航海で用いる海上研究の手段（第２表）と，成果の１例として団塊の分布と堆積物の分布図（第

第２表 地質調査所の白嶺丸調査航海における海上研究の手段（水野・盛谷，1977による）。

NNSS による船位測定

地球物理学的方法（物理探査）
- 12kHz PDR による測深と地形の探査
- 3.5kHz PDR による表層堆積層の探査
- エアガンによる音波探査　地質層序・構造の探査
- プロトン磁力計による海上磁気探査
- 船上重力計による重力探査

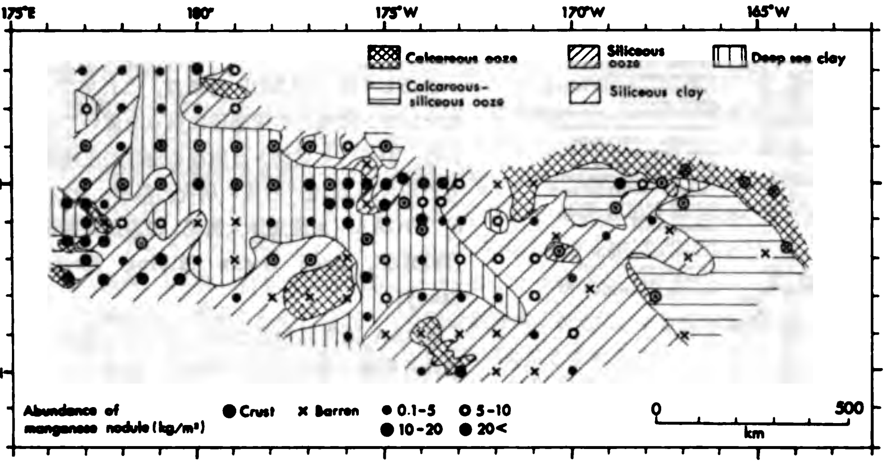
地質学的方法
- 大型グラブ（オケアン70）による採泥
- 大型ボックスサンプラによる採泥
- フリーフォールグラブによる採泥（マンガン団塊）
- フリーフォールコアラによる柱状採泥
- 大型ピストンコアラによる柱状採泥
- 深海カメラ（ワイヤライン）による海底撮影
- フリーフォールカメラによる海底撮影（フリーフォールグラブと併用）
- 深海 TV による海底撮影

その他
- 採水器による海水採取（大型グラブあるいは深海カメラと併用）
- STD 装置による海水観測（大型グラブと併用）

船上分析
- 堆積物組成分析　堆積物の軟Ｘ線撮影　堆積物の間隙水抽出　団塊の比重測定
- 団塊・堆積物のＸ線回折分析　団塊・堆積物の蛍光Ｘ線分析など

をあげておく。図中でも明らかなように，西半の北緯10° 付近，さらに GH 78-1 海域の北緯 7° 付近
とする大規模な濃集域，さらに散点的な中規模ないし局地的濃集域が発見された。またマンガン団
イプ，化学組成・賦在量については，滑らかな表面のタイプの団塊が Fe, Co に富み，賦存量が大
粗い表面のタイプのものが Mn, Ni・Co に富み，賦存量が小さい傾向のあること，すでに述べた
透明層の厚さと団塊分布の間に厚いところには少ないか欠如する関係があること，西部に向うにつ
丘卓越地帯に高濃集域が関連すること，若干の測点で試みた精密サンプリングの結果，同一測点
え，狭い範囲でタイプや賦存量が急変する場合もあること，など分布の法則性・成因の解明への重
がかりが得られている。

今後の研究の方向としては，団塊分布とその地質条件が大局的に把握された当海域内における，
域での精密調査による局所的変化の研究が不欠可であり，さらに太平洋あるいは必要な場合他の世
洋における，各堆積環境型のマンガン団塊鉱床との比較研究も必要となると思われる。現在の５カ
は1978年度（GH 79-1 航海，1979年１月-３月）をもって終了するが，その後の新計画でこのよう



第6図　中央太平洋海盆のマンガン団塊の量的分布と堆積物分布の概要（GH 74-5, GH 76-1, GH 77-1, GH 78-1 の各海域）（水野・盛谷，1977により，加筆補充）。

の研究実績を基礎にした着実な発展が図られるならば，探査への指針を与えるとともに，世界でのマンガン団塊鉱床の研究において重要な役割をはたすことが期待できよう。

2) アメリカ：

a) NSF（全米科学財団）IDOE（国際海洋研究10年計画）の MANOP(Manganese Nodule Program) 計画

この計画(GREENSLATE, 1976)は，1972年度から海域マンガン団塊に関する大学間共同研究計画として，団塊の成因，とくにどのような過程が団塊中での鉱石品位の濃集の原因となるのかを認識することを目的に，開始された。以後，アメリカのみでなく他の諸国も国際協力として含む広範な研究者を網羅し，研究集会，研究航海，それからの諸成果の出版などを精力的に行なってきた。これらにより団塊の鉱物組成，成長速度，堆積物の年齢，生成様式，堆積物の間隙水組成，生物の役割，および団塊が存在する海底条件などの理解において，多大の貢献をし，世界におけるマンガン団塊の基礎的研究面で牽引車の役割をはたしてきたといえる。

しかしながら，このいわば従来の研究方法・知識を総動員したかたちの研究計画は，一定の成果をあげたものの，真の成因解明には決め手を欠いた。このため1976年の研究集会で当計画の経過・目的・将来について再検討を行なった。その結果，従来の路線とは哲学上の大きな変化をもつ新計画が作成された。これは以前の成因に関する情報が間接的な性質のものであり海底のことが良くわかっていないとの反省にたち，海底の多くの地球化学的パラメータの直接的測定を要求している。重点は，何週間か何カ月の間，海底に設置して自動的にデータをとる高度な遠隔操作探査機器の開発に置かれることになった。その1つが深海底監視装置（BOM, Bottom Ocean Monitor）である。これはすでに完成しており，水流計，比濁計および時間経過カメラをもつ装置で，1975年12月から1976年4月までの約120日間，11°N, 140°W 付近の測点の海底面に設置され，作動後，回収された。これは海底動物の動きや，水流に関して興味あるデータを得たといわれる（第7図）。他の機器には，すでに実用化されている海底の精密スケールでの測深，サイドスキャンニング，写真撮影を行なう深海曳行探査装置（Deep-tow System）や，開発計画段階の原位置化学分析自由移動装置などがある。

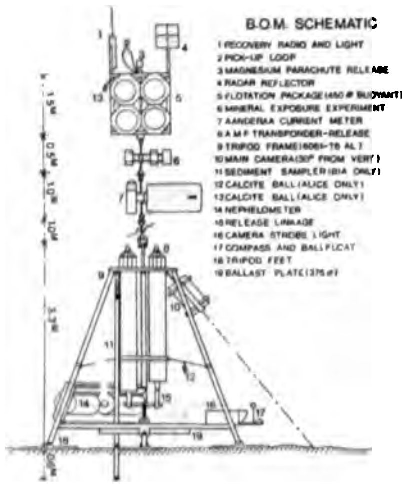
新計画は1977年度から1982年度までの6カ年計画として，上記の諸装置を用い，石灰質地域，半遠洋性地域，金属濃集地域，赤色粘土地域，および珪質粘土地域のそれぞれの代表的測点を選んで，研究を実施

することを提案している。これに参加する研究者は地球化学者が中心となるようである。

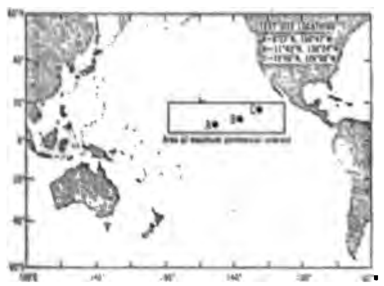
このように MANOP 計画は，これまでよりもさらにマンガン団塊の生成過程に重点を置いていこうとしている。おそらく従来とは異なる海底の直接的なデータがもたらされ，団塊の成因の研究の推進に役立つであろう。

b) NOAA（米国海洋大気局）の深海採掘環境調査計画 (DOMES, Deep Ocean Mining Environmental Study)

NOAA 海洋鉱物部では，マンガン団塊の大規模採掘に伴う影響の事前評価の研究を，勧告にもとづいて実施している。その第1期は環境，採掘，第2期は運搬，第3期は精錬，廃物処理の各テーマを計画している。地質に関連するのは，この第1期にあたる「深海採掘環境調査計画」である (NOAA, 1974, 1975)。これは，マンガン団塊の大規模採掘に先立って，海洋生態系における影響予測を行なうことにより，生産活動が環境破壊を最小限に留めるための基礎的資料を得るとともに，海洋法会議および国内法の観点から，国家環境政策法制定のための基礎的資料を得ることを目的としている。



第7図　MANOP 計画で開発された深海底監視装置 BOM の説明図 (SPIESS and GREENSLATE, 1976による)。



第8図　DOMES 計画の調査地点 A, B, C の位置図 (PIPER et al., 1977による)。

調査海域はマンガン団塊の有望な海域として北部および中央部太平洋の3地点を選んでいる（第8図）。このうちC点は，Deepsea Ventures 社が1974年に米国政府に対して約6万平方km の鉱区を申請している海域内にある。調査は最初自然状態の把握を行ない (Phase Ⅰ)，さらに採掘実験を行った後，環境変化の状態を把握する (Phase Ⅱ) こととし，1974年～1977年までの計画で，すでにいくつかの航海が実施されているがかなり進捗状況は遅れている。

調査は，海底観測(海底写真，底質採取による堆積物，底生生物の研究)，下層水柱観測(海底面上500m の水質の研究) 上層水柱観測（海面下500m の水質の研究）を含む。これらの研究は NOAA など連邦研究機関，大学関係者を集めたプロジェクト・メンバーで行なわれる。そのうち海底観測の堆積物は米国地質調査所が担当責任者として実施され，すでにクルーズ・レポートも出されている (BISCHOFF, et al., 1976 ; PIPER, et al., 1977)。

DOMES 計画は，米国におけるマンガン団塊の研究ないし探査の遂行体制の特殊性を反映している。つまり，分布，成因の基礎的研究は MANOP 計画に代表されるように大学が，探査は民間企業が強力に推進しており，連邦研究機関の役割はむしろ採掘認可，環境評価というチェック機能にあるべきである。これに関連して，1977年10月の国連大使による深海底開発のための国内法制定への示唆は，NOAA ならびに米国地質調査所関係者に，採掘認可・環境評価の観点からの深海底マンガン団塊調査への関心を喚起させたようでその際，この任務を商務省 (NOAA) と内務省(米国地質調査所)のいずれが主管するかは調整事項だとのことであったが，いずれにせよ米国地質調査所が調査研究面は担当し，豊富な研究者を投

入することにより，マンガン団塊の研究における一勢力となっていくのではないかと推測される。

c) 民間企業：各国際コンソーシャム

アメリカの企業を中心とするいくつかの国際コンソーシャムが，深海底マンガン団塊の開発をめざし，探査，採掘，精錬などを含む広範な活動を行なっている。われわれとしてはその探査の状況・成果に関心があるが，当然のことながらそれらは企業的秘密であり公表はされない。しかしこれら民間企業グループの開発のための活動は，政府研究機関や大学の基礎的研究と表裏一体の関係をもつものであるので，この項でその概要を簡単に紹介しておく。資料は中原 (1977) による最近の動向の詳細な調査分析と，筆者が1977年10月，ロスアンゼルスで開催されたオーシャン '77海洋開発会議において直接きくことができた諸発表によった（盛谷，1978）。第3表に各国際コンソーシャムの構成を示す。

最近の目立った傾向は，従来から主力であった非鉄金属資本に加えて，石油資本がその投資戦略の一環として，石炭・原子力とならんで深海鉱業へ進出してきていることである。

第3表　マンガン団塊の開発をめざす各国際コンソーシャムの概要（中原，1977による）。

DEEPSEA VENTURES Group……OMA			
Essex Minerals (subsidiary of US STEEL)	(USA)	(33 1/3%)	Ocean Mining Associates
Union Seas (subsidiary of Union Miniere)	(Belgium)	(33 1/3%)	Ocean Mining Associates
Sun Ocean Ventures (subsidiary of Sun Co.,)	(USA)	(33 1/3%)	Ocean Mining Associates
Ocean Mining Associates			Deepsea Ventures Inc.,
Tenneco……(DVI 社の株を22%保有)			Deepsea Ventures Inc.,
INCO Group……OMI			
Inco	(Canada)	(25%)	Ocean Management Inc.,
Metallgesellschaft, Preussag, Rheinbraun, Salzgitter ……AMR	(Germany)	(25%)	Ocean Management Inc.,
Sedco	(USA)	(25%)	Ocean Management Inc.,
Domco	(Japan)	(25%)	Ocean Management Inc.,
KENNECOTT Group			
Kennecott Copper	(USA)	(50%)	Kennecott Exploration
Rio-Tinto Zinc	(UK)	(10%)	Kennecott Exploration
Consolidated Goldfields	(UK)	(10%)	Kennecott Exploration
Noranda Mines	(Canada)	(10%)	Kennecott Exploration
BP	(UK)	(10%)	Kennecott Exploration
Mitsubishi	(Japan)	(10%)	Kennecott Exploration
LOCKHEED Group……OMC			
Lockheed Missiles & Space	(USA)		Ocean Minerals Co.
Amoco Minerals (subsidiary of Standard Oil of Indiana)	(USA)		Ocean Minerals Co.
Billiton International Metals (subsidiary of Royal/Dutch Shell)	(UK. Netherland)		Ocean Minerals Co.
Bos Kalis Westminster Group n.v.	(Netherland, UK)		Ocean Minerals Co.

(注) 二重枠は設立された法人，一重枠は実施主体，(　　) 内は国籍と出資比率

各グループはマンガン団塊の探査，採掘および精錬までを含む深海採鉱システムの開発と運営を進める計画をもっているが，とくに実験船を用いた洋上での採掘実験の実施を当面の重点目標としているようである。

ディープシー・ベンチャーズ (Deepsea Ventures) グループ (OMA)：グループ結成は1974年であるが，Deepsea Ventures 社は以前から探査活動を行なっており，すでに1974年に米国政府に対して，俗称マンガン銀座 (Mother lode) 内の15°N, 125°W 付近に約6万 km^2 の鉱区を申請している。オーシャン '77会議において U. S. Steel 社の P. HAWKINS 氏は，この区域は完全に探査してあると述べるとともに，戦略的意味からマンガン成分自体も利用目標としていることを強調していた。

インコ (INCO) グループ (OMI)：1975年に合併会社として組織され，日本から DOMCO（日本深海鉱業一住友系企業を中心とした連合体）が参加している。ごく最近のニュースによれば，このグループは1978年3月末，ハワイ南南東約1,700km の海域で，約5,000m の深海底から，ポンプ方式によって団塊を連続的に採取する実験に初めて成功，採取速度は1時間に最高40トンで，約300トンの団塊を採取したとのことである（朝日新聞1978.4.1)。

ケネコット (Kennecot) グループ：1974年に設立され，日本からは三菱が参加している。ケネコット社はもっとも早くからマンガン団塊の開発の問題にとり組んできており，探査活動は1962年から開始し，そのほかサンディエゴに採掘実験施設を，マサチューセッツに精錬実験プラントをもち，それぞれ実験，研究を進めている。

ロッキード (Lockheed) グループ (OMC)：1976～77年に結成され，1978年にも太平洋での団塊の採掘実験に着手するものとみられている。

3) 西ドイツ：連邦政府のマンガン団塊資源の研究計画

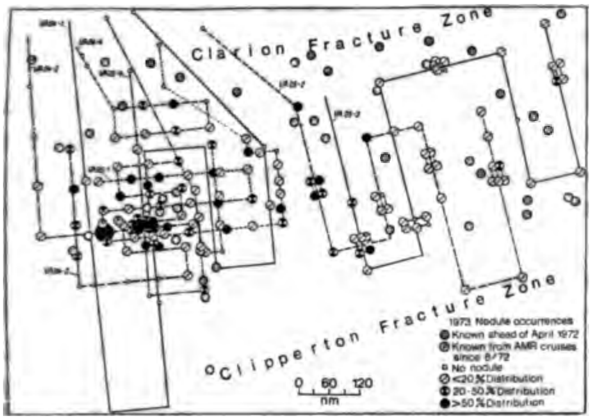
西ドイツでは，連邦政府の研究技術省の調整・助成のもとに，連邦地質研究所，大学民間企業連合 (AMR) が，長期傭船（現行の計画では1978年まで）のバルディビア号 (Valdivia, 1,317トン，1961年建造のトロール船を1970年に調査船に改造）によって，太平洋のマンガン団塊資源の分布，成因に関する探査や研究を行っている (SCHULTZE-WESTRUM, 1973；BGR, 1977；西ドイツ研究技術省，1977)。また，最新の情報によれば，本研究のための調査船は将来，研究技術者が1977年に入手したゾンネ号(Sonne, 2,600トン，トロール船を改造）にとって代わられるとのことである。

主たる調査海域はハワイ南東方の，クラリオン断裂帯とクリッパートン断裂帯にはさまれた中央太平洋海盆の北部海域である。

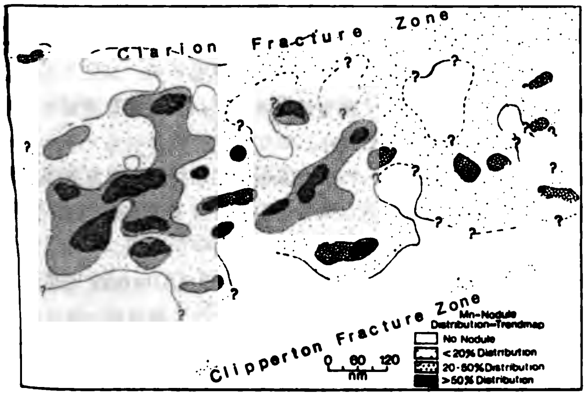
バルディビア号調査は1972年に開始されたが，すでにそれ以前の1970年に調査グループは Deepsea Ventures 社の Prospector 号調査に予察的に参加している。バルディビア号によるマンガン団塊の研究計画は，最初の段階の調査方法の確立も含む広域調査と，その後の重点地域における精査とに分けることができる。

1972年6月から1973年6月までの1年間，各28日間の航海を8回 (VA 04/1-4；VA 05/1-4) 実施し，東西方向約2,000km (20°)，南北方向約1,000km (10°) の範囲について，基本測点間隔30マイル（約55 km, 0.5°）の広域的な概査を行なった。これによってマンガン団塊の分布，その地質条件との関連性についての傾向の大局的な把握を行なうとともに（第9，10図），フリーフォールサンプラー，深海テレビなどの調査技術の確立を図った。

1974年からは上記の広域調査で明らかにされた重点ないしモデル地域について，毎年3回程度の調査航海を実施してきている。この場合も各航海日数は28～30日間のようであるが，その目的を連邦地質研究所と大学の共同グループによる基礎的研究のための科学的調査と，AMR グループによる探査とに分けているようである。例えば，1976年度においては第1回と第2回の航海が連邦地質研究所・大学による科学的調査，第3回の航海が AMR による探査に重点をおいた調査ということであった。



第9図　西ドイツのバルディビア号調査 VA 04 (1972), VA 05 (1973) の計8回の航海の結果を示す図 (SCHULTZE-WESTRUM, 1973による)。



第10図　1972年と1973年のバルディビア号調査海域におけるマンガン団塊の量的分布の予察図 (SCHULTZE-WESTRUM, 1973による)。

基礎的研究についていえば，1972—1973年の広域的概査の段階で，海底下堆積層の音響相，表層堆積物の型，地形，団塊の型，濃集量，化学組成などの間の相関について大まかな見通しを得たといわれる。そして以後は前述のように広域調査の範囲内で重点ないしモデル地域を選んで精密調査を実施し，諸地質要因と団塊との間の相関の実証，局地的変化の追跡，あるいはとくに地形と団塊の型との関係を含む断裂帯，海山など各地質構造域における団塊の比較，などの研究を推進してきている。その結果としての団塊の成因モデルは，まだはっきりした形では提唱されていないが，団塊の形成にコロイド化学的過程と微生物学的要因が関与し，部分的には熱水過程による金属の供給も関係する，という方向に目標をしぼって検討がなされている様子である。

一方，科学的調査航海にはフランスやアメリカの科学者も参加し，フランスなどと共同調査計画を実施したり，国際協力的色彩を強めていることは注目される。

このように，西ドイツのマンガン団塊資源のバルディビア号による科学的調査と探査の両面を含む研究計画は，日本における白嶺丸による地質調査所の基礎的調査とDOMAの探査という体制や調査方式に似ている。しかし西ドイツが広域調査を1972～1973年に集中的に行ない完了し，以後精査や比較研究の段階に入っているのに対し，日本の地質調査所の5カ年計画ではその最終の1978年度に広域的調査を完了する予定であり，フェーズがかなり遅れていると認めざるをえない。

4) フランス：クネクソ (CNEXO, 国立海洋開発センター) のマンガン団塊研究計画

フランスではCNEXOが中心となってマンガン団塊（フランスでは雑鉱団塊と呼んでいる）の研究を進めている (CNEXO, 1976, 1977)。1974年にはCNEXOとニッケル精錬会社 (SMN) からなる従来の組織に，原子力エネルギー庁も加わり，フランス海洋団塊調査研究協会 (AFEROD) が設立され，雑鉱団塊の開発準備として，探査，回収，処理の3点にしぼった研究を行なうことになった。

基礎的研究をも含む探査はCNEXOが担当し，タヒチの太平洋センターを基地として，ツアモツ群島，マルケーサス諸島，ソシエテ諸島付近の中央南太平洋海盆域を対象にしたTAHINO計画として実施してきた。また，従来から国際協力による協同調査を行なってきており，1974年10月と11月には，フランスと

西ドイツが協力して，CNEXO のコリオリ号（Coliolis, 450トン）と西ドイツのバルディビア号による調査を実施した。さらに1978年にはフランス，西ドイツ，アメリカの3国協力のもと，ハワイータヒチ横断区間におけるマンガン団塊の生成環境の国際共同調査が計画されている。

ハワイータヒチ横断区間調査計画の大目的は，太平洋全域におけるマンガン団塊の分布と地球化学性質から，その金属量を規制する生物学的活動の役割を証明することである。そして西南部太平洋の低金属量団塊が低い生物学的生産性と，そして赤道北太平洋帯の高金属量団塊が高い生物学的生産性とそれぞれ関連していることの比較研究から，団塊の金属量が堆積環境，とくに上位水塊の生産性の指示者であるかどうかの評価をめざしている。

この計画は，各々の地質環境の地域を含む長い横断区間を，1年間にわたって，上記の3国以外のイギリス，ニュージーランドなどからも有力な研究者が参加して実施する大がかりなものである。前に述べた西ドイツのバルディビア号調査計画の基礎研究分野は1978年度に関しては，この共同計画に全面的に向けられている。この成果は非常に注目されるところである。なお参考までにその航海計画を紹介しておく。

第0節：1978年2月，バルディビア号，ハワイ—ハワイ間，調査地点—クラリオン断裂帯の熱水域，責任者—von STACKELBERG（西ドイツ連邦地質研究所）。

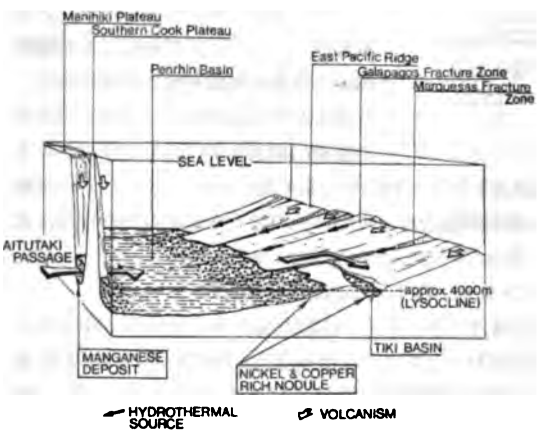
第1節：1978年2月または3月，コリオリ号，ヌーメア（ニューカレドニア）—タヒチ間，調査地点9（Aitutaki 海峡），責任者—ORSTOM（フランス外洋学技術研究部）。

第2節：1978年5月または6月，シルワ号（Suroit, 1,000トン），サンディエゴータヒチ間，調査地点1，2，3（クラリオン—クリッパートン各断裂帯間），責任者—G. PAUTOT（CNEXO ブルターニュ海洋センター）。

第3節：1978年6月または7月，シルワ号，タヒチ—ハワイ間，調査地点8，7，5（ガラパゴス-マーケサス-ツアモツ-オーストラル各断裂帯間），責任者—G. PAUTOT。

第4節：1978年8月25日～9月25日，バルディビア号またはゾンネ号（Sonne），ハワイータヒチ間，調査地点4（クリッパートン—ガラパゴス各断裂帯間）と6（ガラパゴス—マーケサス各断裂帯間），責任者—G. FRIEDRICH（西ドイツ，アーヘン工科大学）。

第5節：1978年9月28日～10月15日，バルディビア号またはゾンネ号，調査地点9（Aitutaki 海峡）とサモア海峡，責任者—G. FRIEDRICH。



第11図 CNEXO のマンガン団塊研究グループによって提起されたマンガン団塊の成因モデル（PAUTOT and MELGUEN, 1976 による）。

第6節：1978年11月または12月，カナケオキ号（Kana Keoki）またはマウナウェイブ号（Mauna Wava），調査地点，クラリオン，ガラパゴス，マーケサス各断裂帯，責任者—J. ANDREWS（ハワイ大学）。

以上のようにフランスの CNEXO によるマンガン団塊の研究は，中央南太平洋を中心に調査実績を積み重ね，その結果として最近第11図に示すような1つの成因作業モデルを提起している（PAUTOT and MELGUEN, 1976）。このモデルはマンガン団塊の成因に火山活動と底層流の2主要因が重要だとしている。火山活動の影響は，海嶺そのものよりそれを横断する断裂帯沿いに金属イオンに富む海水が，塩基性岩の風化あるいは熱水作用によってもたらされるということである。底層流の役割は，一般に金属イ

オンの沈殿に好適な酸素を含んだ低温の水の環境を与えることである。またこの場合，Ni と Cu は海水表層部における生物体による固定と垂直運搬作用も働き，これら運移元素が水深4,000m～5,000m のリソクラインあるいは炭酸カルシウム補償水深の間で沈殿する。またマンガン団塊の Ni と Cu は海水中の金属イオンの得られ易さと沈殿速度だけの関数でなく，マンガンの沈殿速度の関数であり，局所的に底層流が加速される酸素を含む環境ではマンガンの沈殿速度が速く，マンガンによる運移元素の希薄化が起こる。このため，Ni と Cu に富む団塊は底層流には洗われるが，その加速域より減速域に多くなり，Taki 海峡がその例だとしている。今後の研究計画ではこのモデルの実証を含む，異なる地質環境における比較研究をめざしているものと思われる。

5) イギリス：自然環境研究協議会（NERC）のインド洋の鉱物資源調査計画

マンガン団塊の研究の歴史において，イギリスはすでに一世紀前，チャレンジャー号探検の成果で先鞭をつけた名誉ある国であるが，その後はすでに述べたアメリカなど海洋先進諸国と比較して組織的な調査活動では立ち遅れていた。しかし1975年ごろから教育科学省の NERC の資金援助により，調査船シャクルトン号（Shackleton, 1658トン，1971年に貨物船を改造）を使用した，インド洋の鉱物資源調査が実施されている。

これにはロンドンのインペリアル単科大学の応用地球化学グループ（研究代表者―D. S. CRONAN）が関与した。CRONAN はすでに1975年９月フィジーで開かれた CCOP/SOPAC のマンガン団塊に関する研究集会で，調査航海に先立ったインド洋のマンガン団塊，金属泥など鉱物資源に関する予察的文献調査の結果と，調査航海の１部が実施されたことを発表していたが（CRONAN and MOORBY, 1976)，その後1976年８月にもシャクルトン号の調査結果の概要を報告している（CRONAN, 1976)。しかし，このインド洋の調査が継続的に行なわれているかどうかについては情報を得ていない。

シャクルトン号調査計画では，マンガン団塊と含金属泥堆積物の両方についての分布，成因，化学的性質の地域変化の問題などの研究を目的とし，北西インド洋を研究対象として選び，４つの主要な地形的特徴の区域，つまりアラビア深海平原，カールスベルグ海嶺，ソマリ海嶺，セーシェル海台について各種試料を採取し，現在その分析が進んでいる様子である。

6) カナダ

カナダは世界最大のニッケル産出国であるため，海底マンガン団塊の開発は，雇用，収益，新技術という面での何らかの恩恵をもたらすが，条件によっては国内のニッケル鉱業が好ましくない影響を受けるかもしれないというジレンマ的立場にある。このため政府機関そのものによる野外探査や研究活動はなく，関連活動としてエネルギー鉱山資源省の海底鉱物課において海底マンガン団塊資源開発に関する予測研究が行なわれている程度である（PASHO, 1977)。

しかし，すでに述べたように民間企業でカナダに本拠を置くニッケルメーカーのインコ社は，国際コンソーシャムのインコ・グループの中心となって団塊の開発に取り組んでいる。これはマンガン団塊も含め，世界のニッケル鉱業全体に独占的影響力を維持しようとする巨大企業の戦略的な構想の一環であるとも考えられよう。

7) ソ連

ソ連は最近，深海底鉱物資源，とくにマンガン団塊の研究について，西側諸国の積極的動きとは対照的に沈黙を守っており，その動向は明らかでない。

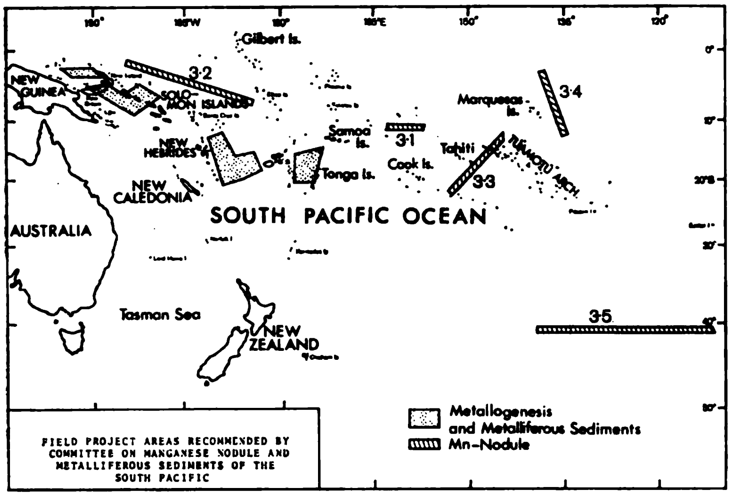
すなわち，ソ連は1950年代から1960年代初期にかけての国際インド洋調査などに代表される世界の探検的調査時代に，ソ連科学アカデミー海洋学研究所によるビチャージ号（Vityaz）やオビ号（Ob）の概括的調査を実施した。そして，太平洋については500測点の採泥試料の総括から，鉄マンガン団塊の概括的分布図，濃集量図（スコルニャコーバとアンドルシチェンコ，1972）を，インド洋については27測点の採泥試料の総括から同様な概括図（BEZURUKOV and ANDRUSHCHENKO, 1973）をそれぞれ作成している。

しかし，以後の新規調査の報告はなく，少なくとも組織的な調査はないようである。これは前述のカナダ同様にソ連が資源国であることの反映でもあろうが，海洋法会議の動きなどとも関連して，今後の動向は注目されよう。

8) 南太平洋沿岸鉱物資源共同探査調整委員会 (CCOP/SOPAC) の海底鉱物資源研究計画

CCOP/SOPAC は国連 ESCAP の1機関で，南太平洋地域のクック諸島，フィジー諸島，ギルバート・エリス諸島，ニュージーランド，ソロモン群島，トンガおよび西サモアをメンバー国とし，南太平洋の海洋鉱物資源調査の計画，促進，調整を図っている。

1975年9月フィジーのスバで，CCOP/SOPAC-10C 共催による「南太平洋地域の地質，鉱物資源および地球物理に関する国際科学研究集会」が開催され，筆者も出席する機会を得たが，そのさいマンガン団塊や含金属泥堆積物を含む海底鉱物資源研究計画が勧告された (CCOP/SOPAC, 1976)。マンガン団塊の調査海域としては第12図に示すように，マニヒキ海台（3-1），オントングジャワ-エリス海盆（3-2），クック諸島—ツアモツ横断区間（3-3），マーケーサス断裂帯横断区間（3-4），および東太平洋海膨西翼（3-5）をそれぞれ資源の賦存量評価と比較研究のためあげている。



第12図　CCOP/SOPAC の海底鉱物資源調査計画として勧告された海域。斜線部はマンガン団塊，点模様部は含金属泥堆積物・熱水性鉱床を対象とするもの(ESCAP CCOP/SOPAC, 1976による)。

しかしながら，この研究計画は，CCOP/SOPAC メンバー国で外洋調査船をもつのはニュージーランドのみであるという事情もあって，もっぱら調査能力を有する先進国による計画への参加と研究の実施を期待するという性格のものである。1978年2月筆者がフィジーを再訪問したさい関係者から聞いたところでは，計画でまだ実現したものはないということであったが，前に述べた CNEXO を中心とするフランス/西ドイツ/アメリカの3国協力によるハワイ—タヒチ横断区間研究計画には，当計画海域の部分も含まれているようである。

このように国際協力的側面から参加国が増加し，CCOP/SOPAC の研究計画が進展するならば，この地域は地質構造の観点からも興味深いフィールドを含むので，マンガン団塊あるいは含金属泥堆積物の資源評価とともに成因に関する興味深い情報が得られていくであろう。

VI. おわりに

以上に海底マンガン団塊の分布，成因の問題点と，その基礎的研究ないし探査を中心にした世界の各国の研究計画の現状を紹介した。

現在，先進諸国の国際コンソーシャムによるマンガン団塊の企業的開発をめざした採掘実験が着手されている一方で，団塊の分布の規則性，成因については具体的データが不足し不明の点が多く，各国は探査に併行してそのための基礎的研究を実施している。また採掘を予測した環境事前評価の研究もはじめ

られている。これは海洋の生態系が一旦破壊されるとその回復が非常に困難と考えられることから当然のことであろう．また，広大な海洋を対象としたこの種の海洋研究計画が大きな予算，時間，人員を要することから，国際協力が重視され，基礎的研究分野では各国間の情報交換が行なわれ，共同調査も増加している。

今後これらの諸研究計画の進展により，マンガン団塊のみならず含金属泥堆積物をも含む海底鉱物資源の分布の規則性，成因の解明へ向っての重要な情報が蓄積されていき，それが探査や開発への有効な指針となっていくものと期待される。

なお筆者は地質調査所の深海底鉱物資源の研究プロジェクトに関係しているが，本文中で述べた見解はあくまで個人的なものであることをおことわりしておきたい。また，本文中の図面の作成に，地質調査所の小野寺公児氏の御協力をいただいた。厚く御礼申し上げる。

引用文献

明石圭之(1976)：深海底マンガン団塊の開発の現状，海洋科学，8，774–780.

有田正文・木下泰正(1976)：GH 76–1 調査海域の堆積物について，海洋科学，8，856–860.

朝日新聞(1978.4.1)：深海底のマンガン団塊連続採取に初成功(記事).

BEZRUKOV, P. L. and ANDRUSHCHENKO, P. F. (1974) : Geochemistry of Iron-Manganese Nodules from the Indian Ocean, *Internat. Geology Rev.*, 16, 1044–1061.

BGR (1977) : Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Activity Rept. 1975/1976, 164 p., BGR (西独地質研究所).

BISCHOFF, J. L. et al. (1976) : Deep Ocean Mining Environmental Study, NE Pacific Nodule Province, Site C, Geology and Geochemistry, *U. S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, 76–548, 275 p.

CNEXO (1976) : CNEXO (フランス海洋開発センター) 1974年度年次報告(訳)，海洋産業研究資料，7(5)，1–51.

CNEXO (1977) : International Cooperative Investigations of Manganese Nodule Environments, Hawaii-Tahiti Transect. 1978, CNEXO COB 研究計画資料 (非印刷).

CRONAN, D. S. (1976) : Mineral Exploration in the Indian Ocean, *Ocean Industry*, 11(8), 86–87.

CRONAN, D. S. and MOORBY, S. A. (1976) : Preliminary Results of Renewed Investigations on Manganese Nodules and Encrustations in the Indian Ocean, *CCOP/SOPAC Tech. Bull.*, No. 2, 118–123.

CRONAN, D. S. (1977) : Deep-Sea Nodules: Distribution and Geochemistry, *In G. P. Glasby (ed.), Marine Manganese Deposit*, Chapter 2, 11–44, Elsevier.

ESCAP CCOP/SOPAC (1976) : Proceedings of the Fourth Session and Report of the CCOP/SOPAC-IOC IDOE International Workshop on Geology, Mineral Resources, and Geophysics of the South Pacific, *CCOP/SOPAC Tech. Bull.* No. 2, 55 p.

GLASBY, G. P. (ed.) (1977) : Marine Manganese Deposits, Elsevier, 523 p.

GREENSLATE, J. (1976) : The IDOE/NSF Manganese Nodule Project: A Review of Progress, *Preprints MTS-IEEE OCEANS '76*, 2 D, 1–9.

原田憲一(1977)：マンガン・ノジュール，(1)，(2)，(3)，海洋科学，9，410–429，480–580，635–645.

長谷川淳(1976)：民間における団塊開発の現状，海洋科学，8，781–788.

長谷川淳(1977)：海洋資源の開発，鉱山，30(8)，40–48.

HORN, D. R., HORN, B. M. and DELACH, M. N. (1973 a) : Ocean Manganese Nodules, Metal Values and Mining Sites, *Tech. Rept.*, No. 4, (NSF GX-33616), IDOE, NSF, Washigton, D. C., 57 p.

HORN, D. R., HORN, B. M. and DELACH, M. N. (1973 b) : Distribution of Ferromanganese Nodules and Proposed Research Vessel's Track North Pacific, *Tech. Rept.* No. 8, (NSF GX-33616), IDOE, NSF, Washington D. C.

HORN D. R., HORN, B. M. and DELACH, M. N. (1973c): Copper and Nickel Content of Ocean Ferromanganese Deposits and their Relation to Properties of the Substrate, *In M. Morgenstein (ed.), The Origin and Distribution of Manganese Nodules in the Pacific and Prospects for Exploration*, 77-83, Univ. Hawaii Publ.

Le PICHON, X. (1976): プレート・テクトニクスの発展とフェイマス計画（上田誠也訳），科学, 46, 556-563.

MENARD, H. W. (1976): Time, Chance and the Origin of Manganeses Nodules, *American Scientist*, 64, 519-529.

MERO, J. L. (1977): Economic Aspects of Nodule Mining, *In G. P. Glasby (ed.), Marine Manganese Deposits*, Chapter 11, 327-355, Elsevier.

水野篤行・盛谷智之(1977)：深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究，地質ニュース，No. 280(1977-12)，5-13.

MORGOLIS, S. V. and BURNS, R. G. (1976): Pacific Deep-Sea Manganes Nodules: Their Distribution, Composition, and Origin, *Ann. Review Earth Planet. Sci.*, 4, 229-263.

盛谷智之(1976)：中央太平洋海盆のマンガン団塊の形態的タイプ，海洋科学，8, 845-850.

盛谷智之(1978)：日米天然資源会議（UJNR）海底地質専門部会第４回日米合同会議および関連会議の出席報告，地質ニュース，No. 285(1978-6)，42-51.

中原裕幸(1977)：深海マンガン団塊開発をめぐる最近の動向，海洋産業研究資料，8(9)，1-30.

西ドイツ研究技術省(1977)：西独連邦政府の第３次海洋開発総合計画<1976-1979>(訳)，海洋産業研究資料，8(3)，1-52.

NOAA (1974): Project Development Plan, Deep Ocean Mining Environmental Study, NOAA 研究計画資料.

NOAA (1975): MESA Project Technical Development Plan, Deep Ocean Mining Environmental Study, Phase I-Marine Environmental Assessment, NOAA 研究計画資料(原稿).

野原昌人(1976)：太平洋域マンガンノジュールの地球化学的特性とその支配因子，海洋科学，8, 744-750.

PASHO, D. W. (1977): Review of the Development of Deep Seabed Manganese Nodules, *The Northern Miner*, April 14, 1977 (Pgs. B6, B9, B13).

PAUTOT, G. and MELGUEN, M. (1976): Deep Bottom Currents, Sedimentary Hiatuses and Polymetallic Nodules, *CCOP/SOPAC Tech. Bull.*, No. 2, 54-61.

PIPER, D. Z. and WILLIAMSON, M. E. (1977): Composition of Pacific Ocean Ferromanganese Nodules, *Marine Geology*, 23, 285-303.

PIPER, D. Z. et al. (1977): Deep Ocean Environmental Study: Geology and Geochemistry of DOMES Sites A, B, and C, Equatorial North Pacific, *U. S. Geol. Surv. Open-File Rept.* 77-778, 527 p.

SCHULTZE-WESTRUM, H.-H. (1973): The Station and Cruise Pattern of the R/V Valdivia in Relation to the Variability of Manganese Nodule Occurrences, *In M. Morgenstein (ed.), The Origin and Distribution of Manganese Nodules in the Pacific and Prospects for Exploration*, 145-149, Univ. Hawaii Publ.

SPIESS, F. N. and GREENSLATE, J. (1976): Preliminary Cruise Report, Pleiades Expedition Leg 4 MN 76-01 R/V Melville, Honolulu 21 August 1976 to San Diego 23 September 1976, *Tech. Rept.* No. 15, 87 p., Seabed Assessment Program, IDOE, NSF, Washington D. C.

スコルニヤコーバ，N. S.・アンドルシチェンコ，P. F. (1972)：太平洋の鉄・マンガン団塊①—④（盛谷智之），地質ニュース，No. 213, 55-63; No. 215, 54-63; No. 216, 50-61; No. 219, 54-61.

臼井　朗(1976)：マンガン団塊を構成する鉱物，鉱山地質，26, 351-360.

(1978年５月１日受理)

地学雑誌 87, 4 (1978)

米国都市の人口推移と新しい発展要因

井　内　　昇*

New Patterns of Population Change of Urban Areas in the United States during the 1970s

Noboru INOUCHI

Abstract

During the 1970s, new patterns of population change have appeared in the U.S., and previous patterns have acquired new complexities.

The main purpose of this paper concentrates on identification and reaffirmation of the train of forces that bring about urban and rural spatial change, and the study starts from perception of several population changes through analyzing statistical data to find out the existence of a bunch of growth-inducing factors.

At first, we can trace big migrations from the northeast and north central regions to the south and west. This regional shifts had already started before 1970, and became truly dramatic for the first half of the 1970s.

Secondary, population increase of rural sector can be clearly seen. The gains increase partly due to the popular metropolitan overspill into adjacent counties; but others are the result of the rural resurrection, a remarkable renascence of growth in the remoter nonadjacent counties due to specialized activities such as increasing accessibility of rural areas to the big metropolitan areas owing to advances in highway transportation, especially in development of "Interstate Highway System", new industrial location trends emerged in the 1960s such as the decentralization of manufacturing, the revival or expansion of energy extraction, highly localized, large-scale energy related industrial development, recreation, and retirement.

Thirdly, the slower growth of SMSAs as a whole can be noticed. However, growth rate depends upon the scale or the location of each SMSA, and slower growth is caused by the decline of central cities or slower growth of suburban areas.

As for the slower growth of suburban areas where outstanding growth was seen during the 1950s and 1960s, we can recognize that three major reasons underlie; that is to say, changing in the American life-style, rising of housing price, and increasing difficulties in using private cars.

Finally, faster growth of black population is evident in the suburban areas of SMSAs. Black suburban population is still small in total number, compared with that of white one: however, faster growth of black population there will lead eventually to white abandonment of suburban community.

Without doubt, such new trends as mentioned above, seen during the 1970s, are

* お茶の水女子大学文教育学部地理学教室 Department of Geography, Ochanomizu University.

highly connected with the new patterns of population change of that period. Several sharp breakes with previous trends suggest that the forces underlying contemporary American population trends differ considerably from that operated during the 1960s. Through analyzing those new patterns as well as growth-inducing factors affecting population change of American urban and rural areas, it may be possible to point out that government role in developing new urban patterns is getting bigger.

In the U.S., urban and rural community development has long been carried out by private hands. However, after "urban crisis" of the 1960s, federal government started to join in the private sector such as "urban development" or "development of new communities". Government role in formation of new settlement patterns is still very small compared with that of private sector. However, we can recognize that new government participation in urban development will make it possible that government can lead urban development into favorable direction, not only in physical project but also in introducing social planning into this field.

はじめに

1970年代に入ってアメリカの国内人口の分布パターンに新しい動きがあらわれてきたが，それは，一して郊外スプロールの形で都市域の拡大—大都市圏の発展—を続けてきたこの国の都市発展の基本的パーンが，今大きく変ろうとしていることを示している。

この，70年代に表面化した新しい動きを促した要因としては，マクロ的にはこの国の社会に60年代以に生じている，価値観の変化を頂点とする国民の意識の変化を挙げることができるが，そのマクロ的な革要因のもとで，社会構造そのものを具体的に変えてゆく，より直接的，間接的なミクロ的要因は，社のさまざまな分野にわたっていて，枚挙のいとまが無いほどである。

しかし，それらの多くの要因の中で注目されるのは，これまで常に民間の活動分野とされてきた都市発の分野において，60年代初期の"都市の危機"を契機として登場してきた連邦政府の都市政策が，今くその成果の一端をみせ始めたことである。この都市政策の成果は，量的にはまだとるに足りないものあるが，民間企業がリードしてきた郊外拡大を中心とするこれまでの都市開発が行きづまりをみせてい現在，今後のアメリカの都市の新しい発展を導くために政府の都市政策が演じうる役割は大きくなるでろう。

本稿においては，先ず70年代に国内の人口分布にあらわれた新しい動きを展望し，それを促した要因ついて若干の考察を行う中で，今後のアメリカの都市開発に果たしうる政府の役割を検討することとしい。

I　全国的な人口の推移

70年代前半にアメリカの人口分布パターンに新しい動きがあらわれたことについては，すでに多くの摘がされているが[1]，1977年5月に連邦政府国勢調査局 (U.S. Bureau of the Census) から発表された口速報[2]によって，この新しい動きが単に一時的なものでなく，すでに定着しつつあることが改めて確されている。

アメリカの人口は，植民地時代から一貫して高い増加率を示してきたが，この傾向は戦後もうけ継

1) たとえば，成田孝三 (1977)：郊外化と中心市，経済学雑誌 76(1)，29–69．或いは，G. STERNLIEB and W. HUGES eds. (1974) : Metropolitan Decline and Inter-Regional Job Shifts, 40–76

2) U.S. Bureau of the Census (1977) : Population Profile of the U. S. 1976.

れ，1950年代の10年間に先進国としてはかなり高い18.5%を示したが，次の10年間には13.3%へと低下し，70年代を迎えた。この人口の伸びの鈍化の傾向は70年代にさらに強まり，1970～77年の増加率を単純に10年ベースに換算すると9.3%にとどまる。これを1年間の率でみると，1970年には1.1%であったが，1975年に0.8%，そして1976年には0.7%と漸減を続け，今や人口ゼロ成長の状態へ近づいている(第1表)。

このアメリカの人口増加率鈍化の背後には，核家族化・小家族化や，未婚女性の増加等が原因となった出生率の低下の現象があり，それを反映してアメリカ国民の平均年齢[3]は再び上昇に転じている（第2表)。

このように人口の伸びが鈍化している中で，アメリカ国内の人口分布の地域パターンにも新しい傾向があらわれている。

第1図は地域別の人口推移を示したものであるが，1960年代と70年代との相違は明らかである。すなわち，戦前に発展した北東地方，北部中央地方，さらに太平洋岸においては，1970年代に入り人口増加率が低下しているのに対し，かって農村部から北部大都市への人口流出に悩んだ南部諸州や人口稀薄なロッキー山地では増加率は上昇している。この中でもとくにめざましい人口増加がみられるのが，近年“サンベルト”の名で呼ばれている南部の各州である。かってば北部工業地帯の下層労働者の供給源として人口流出に悩まされた南部諸州は，1960年代に入ると社会減はほぼ止まり，後半には社会増へと転じたが，70年代に入ると社会増はさらにふえ，ノースカロライナ，サウスカロライナ，ジョージアなどの各州はカリフォルニア州よりも多い社会増がみられるようになった。

第1表　米国の人口推移

国勢調査年	人口数	前10年間の増加率
1790	3,929,214	(×)
1800	5,308,483	35.1
1810	7,239,881	36.4
1820	9,638,453	33.1
1830	12,866,020	33.5
1840	17,069,453	32.7
1850	23,191,876	35.9
1860	31,443,321	35.6
1870	39,818,449	26.6
1880	50,155,783	26.0
1890	62,947,714	25.5
1900	75,994,575	20.7
1910	91,972,266	21.0
1920	105,710,620	14.9
1930	122,775,046	16.1
1940	131,669,275	7.2
1950	151,325,798	14.5
1960	179,323,175	18.5
1970	203,211,926	13.3
(1977	215,998,000	9.3)※

資料：米国国勢調査報告
※　国勢調査局速報：1977. 1. 1. 現在。
増加率は10年間に換算のもの。

第2表　米国の出生数推移等

年次	出生数(人)	生涯保有子供数(人)(婦人1000人当り)	子供のない20～24歳女子の比率(%)	未婚人口(20～24歳) 男(人)	未婚人口(20～24歳) 女(人)	中位数年齢推移(歳)	教育歴(25歳以上) 高校卒(人)	教育歴(25歳以上) 4年制大学卒以上(人)
1960	4,307,000	3,654	24	1,568,000	2,808,000	29.4	40,869,000 or 41.1%	7,657,000 or 7.7%
1970	3,739,000	2,480	36	3,031,000	4,308,000	27.9	60,361,000 or 55.2%	12,063,000 or 11.0%
1976	3,165,000	1,760	42	4,099,000	5,711,000	29.0	76,130,000 or 64.1%	17,496,000 or 14.7%

資料：1977年5月　国勢調査局速報

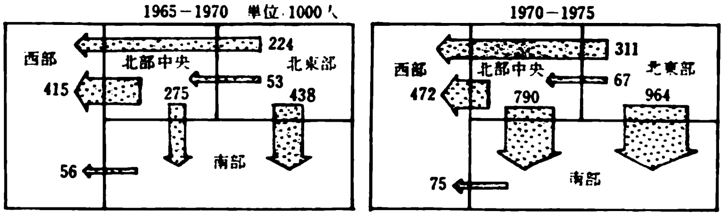
3)　ここでは Median Age（中位数）による。

地域間相互の人口移動状況は第2図に明らかである。すなわち，この図によれば南部諸州の増加人口は，北東地方，及び北部中央地方からの流入で賄われていて，とくに1970〜75年の5年間の流入数をその前の5年間とくらべると，北東地方からは2倍に，北部中央地方からは3倍にふえている。

この地域別の人口増減の傾向はそのまま都市の人口増減にも反映している。20世紀前半までに出現した北部の大都市がいずれも大きな人口数の減少をみせているのに対し，"サンベルト"の都市の多くはなおも人口増加を続けている(第3表)。



第1図　センサス地方区域別年平均人口増加率(%)：1960〜1970及び1970〜1974年　資料：HUD 1976年レポート p.23, Fig. II-3.



第2図　地域間人口移動　資料：U.S. Dept. of HUD: The President's Urban and Regional Policy Group Report, Mar. 27, 1978. p. -I-5, Fig. 1.

II　都市部，農村部別の人口推移

次に，人口を都市部，農村部に分けてみると，ここでも建国以来はじめてといえる新しい動きがあらわれてきている。

(都市人口，農村人口の定義)

ところで，アメリカの政府統計を用いて都市・農村別の人口を読みとるためには，センサスで用いられている統計区域の性格を先ず明らかにしておくことが必要である。

都市の範域を，均等地域，或いは結節地域のいずれの概念でとらえるか，はここでは問わぬとしても，今や行政区域が実質的に都市とされる範域を正しく示さなくなっている事情は世界共通である。とくにその広大・平坦な国土，新しい歴史，市民の広い行動半径，豊かな経済力などを背景にもつアメリカにおいては，都市の発展は低密度の市街地が限りなく外側へ広がる，という形で行われたため，行政区域と実質的な都市の範域との乖離はとくに顕著にあらわれ，そのため統計局は，戦後，都市を正しくとらえるための統計区の設定を次々に試みてきた。1874年に"都市"と"農村"を区分する定義を最初に決めた時，"都市"とは人口8000人以上のコミュニティと規定されたが，その後，人口基準は2500人に引き下げられて現在に至っている。しかし，1920年を境に始まったアメリカ都市の郊外発展は[4]，この行政区域にもとづく"都市"の定義を次第に無意味なものにしたが，戦後，再び実態に照らして設定された統計区域が"SMSA[5]"と"Urbanized Area[6]"であった。"都市"を先ず定義し，都市以外を"農村"とする傾

4) B. J. L. Berry 他(1977)：Contemporary Urban Ecology, Chapter 9, 179-194, 或いはA .C I. R. (1977)：Trends in Metropolitan America, 3-4.

5) Standard Metropolitan Statistical Area (標準大都市統計区域) の略。1950年には SMA (標準大都市区域) と呼ばれていた。

6) Urbanized Area は，SMSA がカウンティ単位で設けられるため非都市部を含みすぎる欠点を補う目的で，主に人口密度を基準として，中心市の市街地が続く範囲を指定したもの。従つて，市街地の拡大と共にその範囲もひろがる。

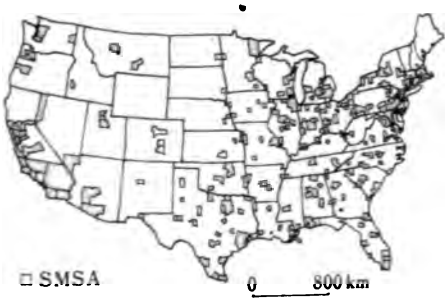
第3表　上位40都市人口増減

順位	都　市		1975年 人口数	1970～75年 増減率	1970年 順位
1	New York	△	7,481,613	－ 5,2%	1
2	Chicago	△	3,099,391	－ 8.0	2
3	Los Angeles	△	2,727,399	－ 3.0	3
4	Philadelphia	△	1,815,808	－ 6.9	4
5	Detroit	△	1,335,085	－11.8	5
6	Houston	○	1,326,809	5.9	6
7	Baltimore	△	851,698	－ 6.0	7
8	Dallas	○	812,797	－ 3.7	8
9	San Diego	○	773,996	11.0	15
10	San Antonio	○	773,248	9.1	14
11	Indianapolis	△	714,878	－ 2.0	11
12	Washington	△	711,518	－ 6.0	9
13	Honolulu	○	705,381	11.9	18
14	Milwaukee	△	665,796	－ 7.2	12
15	Phoenix	○	664,721	12.9	21
16	San Francisco	△	664,520	－ 7,1	13
17	Memphis	○	661,319	0.7	16
18	Cleveland	△	638,793	－14.9	10
19	Boston	△	636,725	－ 0.7	17
20	New Orleans	△	559,770	－ 5.7	20
21	San Jose	○	555,707	20·5	30
22	Columbus	○	535,610	－ 0.8	22
23	Jacksonville	○	535,030	6.1	27
24	St. Louis	△	524,964	－15.6	19
25	Seattle	△	487,091	－ 8.2	23
26	Denver	△	484,531	－ 5.9	25
27	Kansas City	△	472,529	－ 6.9	26
28	Pittsburgh	△	458,651	－11.8	24
29	Atlanta	△	436,057	－11.9	28
30	Nashville-Davidson	○	423,426	－ 0.6	33
31	Cincinnati	△	412,564	－ 9.0	31
32	Buffalo	△	407,160	－12.0	29
33	El Paso	○	385,691	19.7	45
34	Minneapolis	△	378,112	－13.0	32
35	Omaha	○	371,455	3.6	42
36	Toledo	△	367,650	－ 4.0	35
37	Oklahoma City	○	365,916	－ 0.6	38
38	Miami	○	365,082	9.0	43
39	Fort Worth	○	358,364	－ 8.9	34
40	Portland	△	356,732	－ 6.7	36

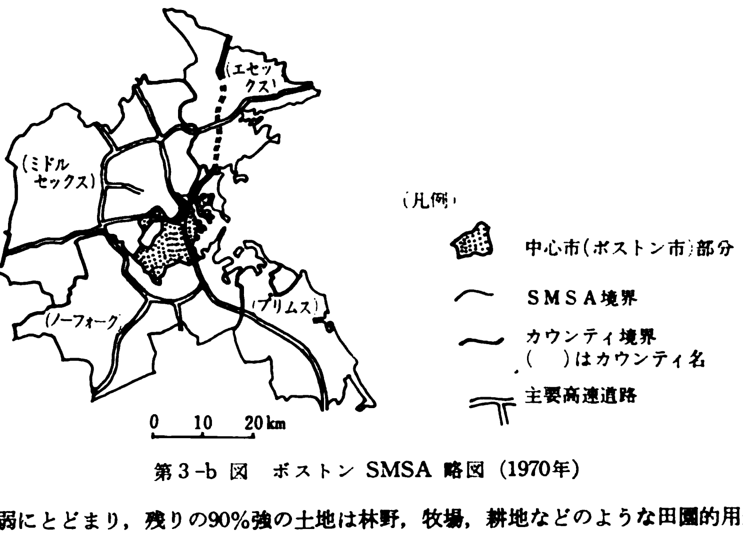
資料：国勢調査局推計による
(注) △ 国勢調査都市　○ 新興都市

宜的なやり方は我が国でも同じであるが，このやり方で決められた“農村”部は必ずしも農業が行われている地域を意味するわけではない。現在も農業人口の大部分は“農村”部に住んでいるが，農業人口以外にもそれに数倍する非農業人口がこの統計上の“農村”部に含まれている。このため，アメリカのセンサスでは，“農村”部人口を，“農業人口”と“非農業人口”に分けて示している。

SMSA は，現在のアメリカの“都市”部人口の統計上の単位として最も重要なものである。統計局によれば，SMSA は，行政上の都市と，その都市と経済的，社会的に一体となっている周りの地域をひとつの都市地域としてとらえる目的で設けられたもので，具体的には「人口５万人以上の行政市，又は合算して５万人以上の双子都市を含んでいるカウンティと，経済的，社会的にその中心都市と密接に結びついている隣接のカウンティとの集団」と定義されている。第３-b 図は SMSA の一例として北東地方のボストン SMSA を示したものであるが，古い都市ボストンを取り巻くかなり広い地域が含まれていることがわかるであろう。また，第３-a 図は1970年現在の全米の SMSA の分布を示しているが，カウンティの規模が大きいカリフォルニア南部などに広大な面積の SMSA が設定されている。このようにカウンティが SMSA 設定の基本単位となっているから，その中には必然的に「都市的な用途には供されていない」土地が沢山含まれる結果になる。第４表は SMSA 内の土地利用を示したものであるが，これによって SMSA 内の土地利用の傾向はかなり明らかになる。すなわち，アラスカとハワイを除いた48州の 242 の SMSA の平均でみると，ひとつの SMSA の平均面積は4,160km²で，これはわが国の徳島県全域の面積に匹敵する。中心市の他に人口 2,500 人以上のコミュニティも加えて都市区域としても，その面積合計は SMSA 全域の10%弱にとどまり，残りの90%強の土地は林野，牧場，耕地などのような田園的用途に利用されている。この都市区域の割合は，都市化が進んでいる北東地方や北部中央地方が高く，近年人口増加がめざましいサンベルトやロッキー山脈地区，太平洋岸ではまだかなり低い。



第３-a 図　SMSA の分布（1970年）



第３-b 図　ボストン SMSA 略図（1970年）

このように一括して“都市”として扱われている SMSA も，われわれの常識からすればその大部分は田園地帯と考えられる地域で占められていることから，センサスデータを用いてアメリカの都市人口の動きを読みとる場合には十分に注意する必要がある。

さて，以上のことを頭に入れながら，アメリカの通念に従って SMSA を都市部，SMSA 以外を農村部と見做した場合，両者の人口の動きの中に幾つかの注目すべき現象が1970年代にあらわれてきたが，そ

第4表　SMSA 内の土地利用　1970年

(単位：1000エーカー)

地域	SMSA の合計面積	都市区域	非都市区域				
			合計	耕地	牧場	林野	その他
東北地方	614	116	498	134	35	288	41
五大湖地方	911	113	798	393	37	308	60
トウモロコシ地帯	763	104	659	387	62	104	106
北部平原	868	58	810	538	179	30	63
アパラチア地方	596	76	520	120	58	330	12
東南地方	874	94	780	124	75	510	71
デルタ地区	579	50	629	137	73	364	55
南部平原	1,211	106	1,105	326	529	199	51
ロッキー山脈地区	2,377	78	2,299	216	947	343	766
太平洋沿岸地区	2,605	170	2,435	339	474	940	682
48州平均	1,044	104	940	250	198	336	156

資料：U.S. Dept. of HUD：1976 Report on Nat'l Growth and Development, p. 80, Table Ⅶ-4.
(注)　上記資料を HUD, 1976年レポート，と略記する。

れらの中で今後のアメリカの都市のあり方に影響するものとして，

1) SMSA 人口の対全国人口比が低下し，その必然として SMSA 外の人口比が上昇していること
2) 全般的な人口減少傾向の中で，中心市[7]が人口減少グループと増加グループに両極分解していること
3) 郊外地域の人口増加率が低下しつつあること
4) 郊外地域でも黒人人口の増加率は大きく上昇していること

の4点を指摘したい。

(1) SMSA 外地域人口の増加

SMSA 人口は70年代に入っても絶対数ではなおも増加を続けているが，60年代の10年間に合計 2188万人，年率平均1.7%の増加をみせたのにくらべると，70年代の最初の4年間には514万人，年率平均で0.9%へと低下した。このように増加率が低下し，全国人口のそれを下廻ったため，第5表にみられるようにSMSA 人口の対全国比は1960年代には1.9%上昇したのに対し，1970～76年の6年間には逆に0.8%の減となり，SMSA 外の"農村"部人口比の上昇を招くことになった。この"農村"部人口は60年代に211万人の増にすぎなかったことから考えれば，70年代に入ってからの増加の傾向は驚くべきことといえるであろう。

第5表　居住地別人口比推移

	中心市	郊外地域	その他
1960	33.5%	33.2%	33.3%
1970	31.5%	37.1%	31.4%
1976	28.9%	38.9%	33.2%

資料：第2表と同じ

この SMSA 外の"農村"部で何故急に人口がふえ始めたのか，を知るためには，カウンティ単位の詳細なデータにもとづく人口増加要因の分析が必要であるが，今回は70年代の数値が得られなかったため，代りに連邦住宅都市開発省 (HUD 省) の報告書[8]，

7) SMSA はその内部が Central City と Suburban Area の2地域に分けられるが，本稿では前者を中心市，後者を郊外地域，と訳しておく。
8) 第4表注参照。HUD 1976年レポート。

第6表　主要 SMSA と SMSA 外の人口推移　　　(単位：1000人)

	人口			人口変化			
	1974年7月1日(推定)	1970年4月1日(国勢調査)	1960年4月1日(国勢調査)	1970～74年		1960～70年	
				増加数	増加率	増加数	増加率
SMSA 内	154,960	149,816	127,939	5,144	3.4%	21,878	17.1%
(内訳)							
人口300万以上	56,081	55,774	47,863	307	0.6	7,912	16.5
人口300万以下100万まで	39,163	37,201	30,966	1,762	4.7	6,431	20.8
100万未満	59,716	56,642	49,107	3,075	5.4	7,535	15.3
SMSA 外	56,430	53,484	51,372	2,947	5.5	2,112	4.1
住民の20%以上がSMSA に通勤する郡	4,374	4,009	3,655	365	9.1	354	9.7
住民の10～19%がSMSA に通勤する郡	9,896	9,337	8,694	559	6.0	643	7.2
SMSAへの通勤者が住民の10%以下の郡	42,160	40,138	39,022	2,023	5.0	1,115	2.9

備考：1974年現在の SMSAs による。
資料：HUD 1976年レポート，P. 30, Table II-7.

及び，MORRISON の分析結果[9]を用いて概観するにとどめる。

第6表は SMSA 外のカウンティを，居住者の SMSA への通勤率によって「隣接カウンティ部」と「その他」に分けて人口増加率を示したものであるが，この資料から次のふたつの現象が読みとれる。先ず，SMSA 外カウンティのうち，人口増加率が高いのは SMSA に隣接するものである。とくにその住民の20%以上が SMSA に通勤しているような SMSA に強く結びついているカウンティでは，すでに1960年代に9.7%を上廻る人口の増加が生じている。この傾向は70年代に入るとさらに強まっているが，この SMSA に隣接するカウンティに生じている顕著な人口増加現象は，SMSA の拡大現象の一部としてとらえてよい。もうひとつの現象は，10%未満のカウンティでは，60年代にくらべると70年代に増加率が急に高くなったことである。

このふたつの現象が示すのは，前述したように，SMSA 外の地域を単純に一括して“非都市的”な，或いは“農村”的な地域と見ることは誤りであって，この地域の住民のうちで農業的業種に従事する人口の比率は極めて低く，その多くが都市的業種の従業者で占められている，という事実である。

このように，SMSA 外の地域はもともと非農村的な色彩を強く持っているといっても，近年その地域の人口が急に増加しているという事実は，この地域にも人口をひきつける新しい魅力が生まれていることを示している。次にふれるように，60年代に「郊外地域の神話[10]」にひかれて中心市から脱出した白人で占められる郊外地域住民たちは，彼らが戦後理想のコミュニティを求めてつくり出した新しい居住地が，やがて再び，かって捨ててきた中心市と同じ都市問題に悩まされるようになってきた時，彼らに与えられる次の選択は，現在の郊外住宅地の生活様式をさらにその周辺へひろげて行くか，現在の郊外地域を高密度化するか，かって見すてた中心市へ再び戻るか，それとも，SMSA の影響力が及ばない田園地帯に計画的に新しいコミュニティを建設するか，のどれかしかないことを知った。多くの統計は，この新しい次の

9) P. A. MORRISON (1978) : The Changing Demographic and Economic Structure of Nonmetropolitan Areas in the 1970s. 他。
10) 新しい郊外住宅地こそ，緑と太陽に恵まれ，しかも都市生活の便利さを享受できる理想コミュニティである，という幻想。

居住地域の選択が1970年代に入りすでに始まっていることを示唆しているが，SMSA 外の地域における めざましい人口増加もまさにそのひとつとして理解さるべきである。石油危機は，自家用車の自由な利用の上に成り立っていた遠隔の住宅地の立地条件を悪化させたにもかかわらず，SMSA 外の人口がこのように増加しているのは，基本的にはそれを可能にする社会的，経済的条件が存在しているからであり，それらの条件の中で最も大きいのが雇用の機会の増大である。

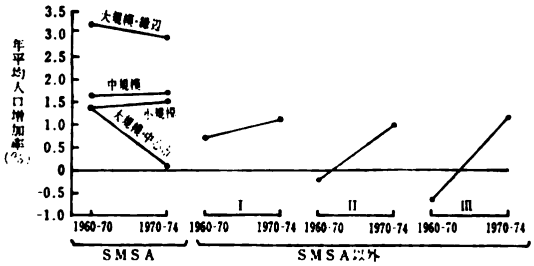
この SMSA 外の地域の雇用増の中心となったのは，1960年代には郊外地域の場合と同じ製造業であったが[11]，1970年代に入ると，この地域でも雇用基盤の多様化が進んでいる。この SMSA 外地域の雇用基盤の多様化については MORRISON の研究が若干の資料を提供している。すなわち，SMSA 外のカウンティを，人口集積の程度に応じて

I ‥‥Urbanized Counties（人口２万以上）

II‥‥Less Urbanized Counties（人口2,500～２万）

III‥‥Rural Counties（人口2,500未満）

の３グループに分けてみると，第４図にみられるように，都市化の程度の低い田園的なカウンティグループが70年代に入って最も大きな増加の傾向をみせている。このことは，SMSA の外側のカウンティの人口が増加する原因には，HUD 省の資料から明らかなような，大都市地域の拡大の一現象としてとらえられるものの他に，大都市地域の影響力の外で別に働くものがあって，後者が70年代の人口増加に大きく貢献していることを物語る。



第４図　居住地域別人口増減の変化

資料：P. A. MORRISON(1978)：The Changing Demographic and Economic structure of Nonmetropolitan Areas in the 1970 s, p. 27, Fig. 6.

MORRISON は，都市化の程度が小さい田園地帯のカウンティで人口増加が始まった原因として，

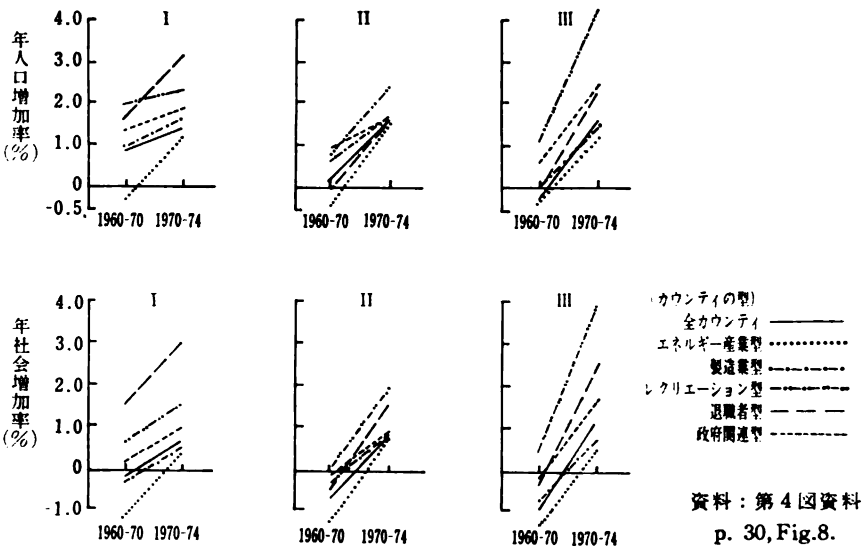
① 新しい製造業の進出
② 退職者集団の居住とその波及効果
③ レクリエーション産業の発展
④ エネルギー産業の発展
⑤ 政府関連施設の進出

の５つをあげている。第５図は上記のカウンティグループごとに，それに属するカウンティをこれらの人口増加原因でさらに分けて人口増加の傾向を示したものであるが，これらの図からも，従来みられた大都市への接近性以外の新しい人口増加要因が SMSA 外で強力に働いていることが読みとれよう。たとえば，最も田園的なカウンティの中で最も人口増加がめざましいのは，退職者の移住が多いカウンティであるが，アメニティにすぐれ，物価も安い反面，雇用の機会に乏しかったこれらの田園的なカウンティも，60年代から70年代にかけての年金制度を中心とする各種社会保障の充実によって先ず退職者たちが流入するようになった。そして，比較的消費購買力が高い年金生活者たちの集中は次に商業・サービス産業の雇用をふやすことを MORRISON は示している。70年代にみられるこのような新しい人口増加要因は，アメリカ市民の農村部指向を加速し，国内人口の地域バランスを今後次第に変えて行くであろう。

(2) SMSA 人口の動向

上述のように，70年代に入ると SMSA 人口ののびは全体的に鈍化しているが，この鈍化の傾向はすべての SMSA で一様に生じているわけではない。第６表は人口規模別にみた1960～74年の推移を示しているが，1970年代の増加率の低下が最もいちじるしいのは人口 300 万人以上の８つの大規模 SMSA で，そ

11) 1962～1969に，SMSA外地域の雇用増の50％は製造業で占められている。



資料：第4図資料
p. 30, Fig.8.

第5図　人口増加要因別人口の変化

の大部分が北東地方，北部中央地方の既成工業地帯にある。この8つの SMSA も，1960年代には240万人の社会増を含め，同期間の全 SMSA 人口増加数の 1/3 に当る790万人の増加をみせたのに対し，1970～74年には60万人の社会減となり，全国的な出生率の低下も響いて増加数は31万人にとどまったため，増加率はわずか0.6%にすぎなかった。

一方，人口100万以上300万未満の SMSA は1960年代に人口増加率は最も高かったが，70年代にはやはり低下がみられる。しかし，各 SMSA の増加率は一様でなく，人口規模と増加率の間に一定の傾向は認められない。それぞれの増加率はローカルな立地条件が反映していて，全国人口の場合にみられた地域的な傾向がこの規模の SMSA の人口動向にも同様にみられ，とくにサンベルトの SMSA の人口増加が目立っている。

人口100万人未満の SMSA においては70年代に社会増がふえており，1970～74年に5.9%の増加率を保ち，SMSA の全体的な低落傾向を支えている。しかし，100万人未満の規模，或いはサンベルトに存在する SMSA の高い増加率も，大規模 SMSA の不振に由来する SMSA の全体的な停滞の傾向を食いとめることはできない。

(3) SMSA 中心市の動向

第5表から明らかなように，SMSA の中における中心市の比重の低下は1970年代にさらに加速している。全米人口に占める比でみても，1960年代に2.0%低下したあと，70年代の6年間にさらに2.6%低下した。しかし，上述のように中心市のすべてに人口減少，停滞が生じているわけではなく，地域間の盛衰を反映してここでも新・旧の交替があざやかにみられる。第3表は全米上位40大都市の1975年現在人口数とその直前5年間の増減率を示したものであるが，20世紀前半までに大都市に成長した古い大都市の人口が一様に減少しているのに対し，20世紀後半に新たに発展しはじめたサンベルトの新興大都市を中心に大きな人口増加がみられる。

都市の地理学的研究によれば，都市人口の増減はその都市の経済基盤の消長に左右されるが，20世紀前半までは都市の経済基盤として人口を吸引した中心は製造業であった。後半になると商業・サービス，情報処理・提供といったいわゆる三次的機能が新しい都市の経済基盤として主力となる。たとえば，わが国では三大都市圏の衛星都市を除けば，近年この種の三次的機能が集中している広域中心都市や県庁所在都

第7表　製造業雇用者数推移

(1000人)

地域及び SMSA	1963年			1972年			1972/1963 ×100%	
	SMSA	CC	Sa	SMSA	CC	Sa	CC	Sa
東　部								
Baltimore	191	104	87	180	91	89	87.5	102.2
New York	1,147	927	220	990	757	233	81.6	105.9
Philadelphia	536	265	271	498	203	295	76.6	108.8
Pittsburgh	272	82	190	262	63	199	76.8	104.7
東部平均	213	114	99	199	92	107	81.1	115.4
中西部								
Chicago	861	509	352	909	430	479	84.4	136.0
Detroit	494	201	293	539	180	359	89.5	122.5
St. Louis	260	129	131	256	98	158	75.9	120.6
Cleveland	280	169	111	269	131	138	77.5	124.3
中西部平均	156	91	65	170	85	85	103.0	127.2
南　部								
Tampa	37	24	13	59	36	23	150.0	176.9
Tulsa	30	18	12	43	35	8	194.4	66.6
Dallas	110	86	24	153	107	46	124.4	191.6
Houston	109	77	32	160	105	55	136.3	171.8
南部平均	40	27	12	53	34	19	138.3	164.2
西　部								
Phoenix	41	92	12	72	52	20	179.3	166.6
Los Angeles	746	313	433	780	320	460	102.2	106.2
San Francisco	196	92	104	181	69	112	75.0	107.6
Seattle	122	84	38	109	48	61	57.1	160.5
西部平均	93	45	48	103	45	58	124.0	182.9
全地域平均	118	66	52	125	62	63	114.2	136.4

資料：A.C.I.R. 1977 : Trends in Metropolitan America, pp. 47～49, Table 13. より要約
(注) CC‥‥中心市
Sa‥‥郊外地域

市の人口増加がいちじるしく，都市の盛衰を中心地性のヒエラルキー如何で或る程度説明することができる。

アメリカの都市評論家 FALTERMAYER は「アメリカの中心市に欠けているのは職ではなくて，生々とした場所にする定住の市民である」と述べているが[12]，都市力の総合的な指標とされる人口規模は雇用機会の関数として説明できるように，雇用の場の有無は都市の人口数を先行的に規定するものである。この意味では，すでに成熟段階にある歴史の古いアメリカの大都市の将来は決して明るくない。たとえば，第7表はアメリカの新旧大都市地域の製造業雇用の増減を示したものであるが，北東地方，北部中央地方

12) Edmund FALTERMAYER：都市スプロールのあとに，*Trends* 16, 27.

第8表 a. ニューヨーク市の雇用変化

年 次	雇用数	SMSA内の割合
	(1,000人)	(%)
1969	4,160	52.7
1970	4,100	52.0
1971	3,980	51.5
1972	3,920	50.5
1973	3,900	49.7

資料：「The Long-Term Fiscal Outlook for New York 1977」p. 61

b. 同市業種別雇用数増減 (1969～1973)

	雇用数増減	増減比
	(人)	(%)
1. 民間賃金労働者	−310,589	− 9.1
製造業	−169,590	−20.5
商業	− 60,548	− 7.9
金融・保険・不動産業	− 35,438	− 7.3
交通・運輸業	− 30,869	− 9.3
サービス	− 13,177	− 1.4
その他	− 967	− 0.9
自営業	19,265	9.1
2. 公務員	26,544	4.9
連邦政府	− 16,735	−14.7
州及自治体	43,279	10.1

資料：上と同じ p. 62

(中西部)での減少，南部，西部での増加がよく示されている。FALTERMAYER の意見の含蓄はさておき，市民を確保するためには先ず雇用の場が必要である。ニューヨーク市の例でみると，第8表にみられるように雇用数が人口数に先行して減少をみせている。ニューヨーク市の場合にも雇用数減少の中心になるのは製造業であり，その傾向は1969年以降さらに加速されている。ニューヨーク市ではすでに商業・サービス業部門の雇用に減少が始まっているが，一方，この期間に増加したのは自営業を除けば地方公務員だけであったことは，アメリカの大都市が産業と人口の流出に悩みながら，一方では住民サービスの向上を迫られている事情の一端をうかがわせる[13]。

このように，現在の人口を維持することはもはや絶望的にみえる古い大都市で最近注目される新しい動きは，比較的豊かな階層の一部住民が大都市の中心地区へ還流する兆しがみられることである。それは，比較的教育程度が高い若い独身者，核家族や，すでに子供が手もとから離れた老夫婦らが，都市の生活の便利さに再び魅力を見出しつつある兆候として注目されており，その都市の魅力をつくり出している有力な要因として再開発事業の成果を指摘できる。この都市部への還流は絶対数としてはまだとるに足りない小規模のものであるが，アメリカ大都市の将来にとっては重要な意味を持つと考えられる。それは，都心部の積極的な修復が人口回復につながるという期待を持たせるからであり，その新しい動きが政府の積極的な都市開発政策の具体的な成果と結びついているところに，アメリカの既成大都市復活のひとつの望みを見出すことができる。

(4) 郊外地域人口増加率の鈍化

次に，郊外地域にあらわれてきた新しい動きをとらえ，それがアメリカの都市の今後にとって持つ意味を考察したい。

アメリカの将来人口長期予測によれば（第9表），今から紀元2000年までの間に少く見積っても約3180万人がふえるとされるが，同年における都市人口比を仮に1970年と同じ73%[14]とすれば，都市人口の増加は約2300万人となる。この都市人口の増加分をうけ入れる可能性として，MASOTTI は次の4つのケースを指摘している[15]。

①現在の郊外地域の拡大

13) 但し，1970年代中葉以降ニューヨーク市を襲った財政危機のため，ニューヨーク市役所では今までに約4万人の職員を解雇した事実から，ニューヨークの雇用減少の中では公務員の職場も聖域とはなりえないことがわかる。
14) 1973年の SMSA による。
15) D. V. GOLDFIELD (1976) : The Limits of Suburban Growth, *Urban Affairs* **12**(1), 83.

②現在の低密度郊外地域の高密度化
③ニュータウン方式による計画的新市街地の開発
④中心市の再開発

MASOTTI は，この4つのケースが今後しばらくは平行的に進行し，10年後にそのうちのひとつが卓越するであろうと指摘しているが，4つのうちのどれが卓越するかを決定するのはアメリカ社会に内在するさまざまの要因であり，今後の若い市民の価値観，生活意識の変化がこれらの要因のウエイトを変えてゆくことになる。

第9表　全米将来人口予測
(単位1000人)

年度	予測 I	予測 II	予測 III
1975	213,631	213,631	213,631
1980	225,705	222,760	220,356
1985	241,274	234,068	228,355
1990	257,663	245,075	235,581
1995	272,685	254,495	241,198
2000	287,007	262,494	245,098

注）最終的出生率は，予測Iで2.7，予測IIで2.1，予測IIIで1.7と仮定。
資料：HUD 1976年レポート p. 20, Table II-2.

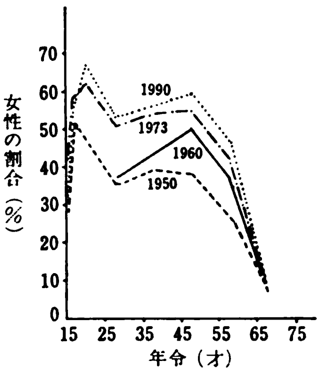
(イ)　アメリカ市民の意識変化

この，アメリカ社会に内在する都市化の方向を規定する要因のうち，最もその影響が大きいにもかかわらず，予測し難いのが，この市民の価値観，生活意識にかかわるものである。第2表は，70年代に急激に変わりつつある若い市民の価値観，生活意識の一端を反映している。すなわち，同表にみられる急激な出生率の低下，平均家族人数の減少，世帯数の増加，独身者の増加[16]などは，60年代の郊外化を支えてきたアメリカ社会の条件を大きく変えるものである。そして，さらに同表にみられる高学歴者の増加がその変化の一因となっていることが予想できる。

第2表は，また，「緑と太陽の田園的環境の中で沢山の子供を育てる」という大家族主義がアメリカ人の中でもはや少数派となり，代って小家族主義がこれからの主流となるであろうことを示唆している。このように，子供中心の大家族主義が消えてゆくことは，これまでの郊外発展を支えてきた最大の力が失われることを意味している。

単身者の増加や，子供を持たない夫婦の増加は，一方で婦人の職場進出につながる[17]。主婦が働く職場は，住居の近くが選ばれる傾向が強いから，郊外地域で新たにふえる雇用のかなりの部分がすでに郊外地域に居住している女性によって占められる。つまり，郊外地域における女性の就業率の増大は，結果的に郊外地域の人口増加を抑える因子として働くのである。

最近の動向をみると，アメリカの人口はゼロ成長へ向いつつある[18]。しかし，結婚年齢の上昇，独身者の増加など，人口増加率を低下させる現象が果たして一時的なものであるのか，それとも恒久的と考えてよいのかは，出生率の変化があまりにも急激にあらわれたことから，なおしばらく見きわめる必要があり，郊外地域人口へ及ぼすマイナス効果もまだ定着したと断定はできない。



第6図　女性の就労状況
資料：HUD, 1976年 レポート p. 22, Fig. II-2

(ロ)　住宅要因

出生率や家族数規模等にあらわれた変化は，直ちに住宅の種類や必要戸数の需要に反映する。郊外地域

16) 単身者がふえているアメリカ社会を週刊誌は「Singles Society」と表現する。U. S. News and World Report, May 16, 1977.
17) アメリカにおける婦人の就労パターンの変化については第6図参照。ワシントン西郊のアーリントンカウンティでは，1960～70年の10年間に男子雇用は5％減少したが，女子雇用は10％増加した。「Limits of Suburban Growth」p. 87.
18) たとえば，L. A. MAYER (1971)：アメリカの人口革命，*Trends* 3, 31-40.

第10表　一戸建住宅平均販売価格推移

年次	北東部	南部
1963	$ 22,300	$ 16,800
1964	21,800	18,100
1965	22,900	18,900
1966	25,200	20,200
1967	27,700	21,100
1968	30,100	23,600
1969	33,400	25,300
1970	32,800	24,000
1971	34,400	25,900
1972	35,700	28,500
1973	40,600	33,200
1974	43,700	36,800
1975	47,000	39,600
1976	50,000	43,800
1977	54,600	47,900

資料：国勢調査局及び U.S. Dept. of Commerce News, Mar. 2. 1978.

における小家族世帯の増加は，必ずしも住宅戸数の増加に結びつかない。何故ならば，子供のない夫婦や単身者たちは，郊外地域の典型である一戸建て住宅よりは，アパートを選ぶからである。このような住宅需要の構造的変化に加え，郊外住宅地域の住宅事情を不利にしたのは，1973～74年の経済不況に伴う住宅価格の高騰であった。

第10表は，1960～77年の住宅価格の推移を示しているが，1973年当時一戸建住宅の平均価格が北東地方で4万ドルをこえたということは，それがアメリカ市民の約80%にとって手の届かぬものとなったことを意味し[19]，郊外地域の魅力の大半を失わせることになった。今後経済情勢が好転しても上述のように若い小家族の世帯や単身者の割合がふえていけば，これらの所得が低く定着性も弱い階層は，賃貸アパートを指向するから，一戸建住宅の需要は以前のレベルには戻らぬであろう。郊外地域で従来のようにアパートの供給が抑えられれば[20]，彼らは郊外地域以外にそれを求めるであろう。

第11表　所得階級別分布　　　　　単位：%

年次＼所得階級	$ 3000 未満	$ 3000 ～ $ 3999	$ 4000 ～ $ 4999	$ 5000 ～ $ 5999	$ 6000 ～ $ 6999	$ 7000 ～ $ 9999	$10000 ～ $14999	$15000 ～ $24999	$25000 以上
1965	16.1	7.7	7.9	9.3	9.5	24.2	17.7	7.6	
1970	8.9	5.1	5.3	5.8	6.0	19.9	26.8	22.3	
1974	5.3	7.7		4.4	4.4	13.8	24.3	28.3	11.5
1976	3.9	6.5		3.9	3.9	11.8	20.2	33.0	17.8

資料：Statistical abstract 1977　p. 440, No.708.

住宅事情の悪化はまた，郊外地域内の移動性を低下させ，新規の流入を妨げる結果をもたらす。アメリカ人は居住における移動性が高く，地位，所得の向上に応じて，それにふさわしい住宅を求めて，ひんぱんに移動する。この場合，第12表からも明らかなように，移動の範囲は，大部分が同じ SMSA 内にとどまっている。しかし郊外地域において，住宅の価格が高騰し，供給が減少すれば，これまで活発に行われてきた郊外地域内での移動は減り，その結果，住宅の回転率は低下する。社会階層間の上方指向に支えられてきたこの移動は，その結果として，たえず一定の戸数の安い住宅を市場に提供してきた。しかし，住宅の回転率が低下すれば，必然的に安い住宅の供給も減少するから，所得の低い家族は，住宅を手に入れることが困難になる[21]。

このように，住宅事情の悪化は，地域内の移動性を低くすることによって，これまで流入できた比較的

19) アメリカでは，通常，年収の2倍までを取得可能額の妥当な上限としている。第11表にみるようにアメリカ人の一家族当り年収は70年代に大きくのびているが，1974年でも2万ドル以上は22.4%であった。

20) 郊外地域では，低所得階層の流入を抑え，住宅地環境を守るために自治体が集合住宅を規制する例が多い。

所得の低い家族を，中心市や SMSA 外に追いやる結果を招くのである。

しかし，住宅価格の高騰は中心市や農村部も例外ではないから，中心市や SMSA 外の吸引力が相対的に大きくなると考えることにも無理があるように思われる[22]。住宅価格の高騰が，一戸建住宅が中心を占める郊外地域に最も大きな影響を与えることは考えられるが，それがどこまで人口増加率の鈍化に結びつくかについては実証的なうらづけが必要である。

(ハ)　自動車の役割

郊外地域の今後の動向に影響する要因のうち，もうひとつ重要なものとして，自動車が果たす役割をあげることができる。

郊外化を促し，現在の郊外地域の土地利用パターンを直接規定したのは戦後建設された高速道路であったが，中心市や他の都市との交流を容易にした高速道路の大量建設が果した役割は，従来の町づくりの場合における都市計画や町のボスの意向よりも大きかったとされている。

しかし，高速道路が都市の発展パターンを誘導し，規定する要因となるにもかかわらず，新しい高速道路はアメリカの郊外地域を望ましい方向へは導かなかった。何故ならば，高速道路の設計者にとっての唯一，最大の関心事は，「道路を如何に安く，交通の便の視点で設計するか」であって，都市や郊外地域の将来の発展についての関心は殆ど無かったからである[23]。

ルイス・マンフォードは，上院が州際間高速道路建設法案に89対1で賛成した時，「彼らは，自分たちの投票のもつ意味を少しも理解していないが，彼らがそれに気がつく15年後には，アメリカの都市や農村は，もはや救いがたい状態になっているだろう」と，その無計画性を批判したが[24]，彼の指摘は15年後まさにそのとおり実現したのである。

第12表　人種，居住地別移転状況 (1970～1974)

	白人・黒人計	白人	黒人
合　計	100.0	100.0	100.0
I 1970～74に移転せず	57.4	57.7	57.4
SMSA	38.9	38.6	41.4
中心市	16.9	14.8	32.3
郊外地域	22.0	23.8	9.2
SMSA 外	18.6	19.1	15.9
II 移　転	36.9	36.8	37.9
1970年に SMSA に移住	26.0	25.5	27.9
1974年に同じ SMSA	17.4	16.4	24.6
1974年に別の SMSA	5.5	5.8	3.3
1974年に SMSA 外	3.1	3.3	1.7
1970年に中心市に移住	13.7	12.4	23.7
1974年に同じ中心市	6.8	5.3	18.0
1974年に別の中心市	1.1	1.0	1.6
1974年に郊外地域	4.4	4.5	3.0
1974年に SMSA 外	1.5	1.5	1.0
1970年に郊外地域に移住	12.3	13.1	5.5
1974年に郊外地域	8.7	9.4	3.3
1974年に中心市	2.0	2.0	1.9
1974年に SMSA 外	1.6	1.8	9.3
1970年に SMSA 外に移住	11.0	11.3	8.8
1974年に中心市	0.8	0.8	1.2
1974年に郊外地域	1.3	1.4	0.6
1974年に SMSA 外	8.8	9.1	7.0
その他	5.6	5.5	4.7

資料：U. P. BARABBA「The Nat'l Setting」p. 51, Exibits-7.

21) 1974年当時，すでにワシントンの郊外地域では4万ドル以外の一戸建住宅は販売されておらず，フェアファックスカウンティでは1977年の平均価格は64,600ドルに上昇している。

22) 庭付一戸建住宅が住宅事情悪化の影響を最も強く受ける，という指摘があり，事実，郊外住宅地域の住宅販売が一番減っているが，中心市や SMSA でも同じ傾向がみられる。

23) このことは，1955年2月，議会に提出された53ページの州際間高速道路法案の説明資料の中で，都市発展に与える影響については一行もふれていないことにもあらわれている。さらに，1978年3月の大統領府の都市教書原稿でも，ハイウェー，道路建設が依然として都市政策の外で行われていることに言及している。

24) New York Times. Aug. 19, 1971.

郊外地域の発展における自動車交通の役割の大きさからすれば，エネルギー危機が郊外居住にマイナスに働くことは当然予想できる。勿論，60年代に中心市から，先ず製造業が，次いで商業・サービス業が郊外に移転したことによって，郊外化の初期にみられた中心市の CBD への通勤の必要性は減少し，住民の多くは，同じ郊外地域の中の，近くの職場へ通うようになっている[25]。しかし，低密度で機能が分散している郊外地域では，公共輸送機関は経営が成り立たないため無きにひとしく[26]，郊外生活にとって自動車は必需品であり，自動車への依存を断ち切るためには，最初から職場と住居の配置を考慮したコミュニティを計画的に開発する他は無いであろう。

(5) 郊外地域と黒人居住

(イ) 黒人増加率の上昇

郊外地域における70年代の人口の動向に関してもうひとつ注目されるのは，郊外地域における白人人口の増加率が年率で1.4%にとどまっているのに対し，黒人のそれは3倍以上の5.2%という高さを示していることである[27]。郊外地域における白人と黒人の増加率は60年代にはほぼ等しかったから，郊外地域の人口増加率が鈍化している中で黒人だけがこのように高い率でふえてゆくことは，今後の郊外地域，及び SMSA の人口の動向にとって無視できない要因となりうる（第13表）。しかし，全国 SMSA の郊外地域

第13表 居住地，人種別人口推移 (1950～1970)

居住地及び人種	人口 (1000人)				変化率		年平均変化率	
	1950	1960	1970		1950～1960	1960～1970	1950～1960	1960～1970
			計	%				
合計	151,326	179,323	203,212	100.0	18.5	13.3	1.7	1.3
SMSA	94,579	119,595	139,419	68.6	26.4	16.6	2.3	1.5
中心市	53,696	59,947	63,797	31.4	11.6	6.4	1.1	0.6
郊外地域	40,883	59,648	75,622	37.2	45.9	26.8	3.8	2.4
SMSA 外	56,747	59,728	63,793	31.4	5.3	6.8	0.5	0.7
白人	135,150	158,832	177,749	100.0	17.5	11.9	1.6	1.1
SMSA	85,099	105,829	120,579	67.8	23.6	13.9	2.1	1.4
中心市	46,791	49,415	49,430	27.8	5.7	0.0	0.6	−0.1
郊外地域	38,308	56,414	71,148	40.0	45.5	26.1	3.8	2.5
SMSA 外	50,051	53,003	57,170	32.2	7.2	7.9	0.7	0.6
黒人	14,972	18,872	22,580	100.0	25.5	19.7	2.3	1.9
SMSA	8,850	12,741	16,771	74,3	43.6	31.6	3.6	2.8
中心市	6,608	9,874	13,140	58.2	50.6	33.1	4.1	2.8
郊外地域	2,242	2,866	3,630	16.1	23.1	26.6	2.1	2.8
SMSA 外	6,122	6,131	5,810	25.7	−0.6	−5.2	−0.1	−0.5

資料：Statistical Abstract 1974 p. 17, No. 16. 注）1970年現在の SMSA による。

の黒人人口は，1974年現在410万で，全人口の5％にすぎないことから考えると，70年代に入り黒人の増加率が白人を大きく上廻っているからといって，その結果がただちに郊外地域での黒人の割合の上昇につながる，と考えるのはやや早計である。さらに人口学者の HAUSER によれば，郊外地域の黒人人口比は

25) 郊外居住者のうち，通勤時間30分以上を要するケースはむしろ少数派になつている。過去20年間に SMSA でふえた雇用のうち，80％は郊外地域におけるものである。

26) アーリントンカウンティの全バス路線のうち，郊外地域内だけを結ぶのは4％にすぎない。

27) Population Profile of the U. S. 1976.

1985年においても6.1%程度にとどまる，と見込まれており[28]，郊外地域が今後もなお当分の間白人の城である現実は崩れぬであろう。しかしまた，この高い増加率が，排斥地区制をはじめとする白人たちの根強い黒人排除の背景のもとで生じたことを考えれば，この黒人の高い増加率の持つ意味は小さくない。何故ならば，そこに黒人の強い郊外地域指向が読みとられるからである。

（ロ）黒人の郊外居住の型

黒人の郊外居住の歴史は決して新しくはない。しかし，戦前と戦後をくらべると，黒人の郊外居住という現象の内容は明らかに違っている。

FARLEY によれば，郊外地域における黒人の居住地区には次の3つの型がみられる[29]。

①黒人が中心市の場合と同じ“invasion と succession”というプロセスによって移住した古い郊外の白人居住地区

②黒人用に新しく開発され，又は発展した居住地区

③黒人下層労働者たちが集まる郊外の中の飛地的な小規模なゲットー

郊外地域の現状からは信じられないが，20世紀の初期の頃までは，郊外も経済的，人種的に多様な階層の混住が大した抵抗もなくうけ入れられていた[30]。しかし，当時郊外に居住していた黒人は，その数も少なく，大部分は白人家庭の使用人であり，彼らは白人居住区の一画に，ごく小さな黒人コロニーをつくっていた。

その後，戦後の大規模な郊外発展が始まる以前に，中心市から郊外へ脱出する住民の中に黒人も含まれている事実が BOGUE によって指摘されているが，彼はこの現象にふれた中で，「1940年代に34.7万の黒人が郊外地域へ移動したが，これは人口分布の新しい傾向を予測するものである。」と述べている[31]。事実，1950年当時における郊外の黒人比率はすでに4.5%に達していたから，1974年の5.0%とくらべれば，状況は余り変わっていないともいえる。

上述の郊外地域にみられる3つの黒人居住パターンは，①を除けば郊外地域の中のゲットーであり，郊外地域で隔離された島である。中心市ゲットーの存在が好ましくないとすれば，郊外地域にあっても事情は全く同じである。しかし，ゲットーは白人の居住区から隔離された島ではあるが混住のひとつの型であること，又，理性では割り切れない人間居住の情緒的な，或いは宗教的，言語的，その他の面で，混住社会におけるいわば安全弁の役割を果たしている一面を持つことも否定できないであろう。このため，郊外地域においても古くから存在してきたし，又，今後も存在できる理由がある[32]。

①の古い白人居住地区への移動も中心市の場合と全く同じである。すなわち，旧式化した古い居住地区は一般に荒廃化し，やがて再開発される運命にあるが，これらの白人が見すてつつある居住地区は，黒人の移動に対する白人の抵抗が少ないし，事実，黒人の中心市から郊外地域への移動のかなりの部分は，東部や中西部の古い大都市地域で行なわれてきたことを ROSE が指摘していている[33]。

しかしここに問題が生じている。それは，郊外地域において戦前に形成された白人居住区はそれ程多くないこと，又，黒人の所得の向上，60年代の公民権運動の成果としてあらわれた黒人の意識の向上等によって，黒人が，戦後白人によって開発された“サバービア”への進出を強く希望していることである。1970年代にみられる黒人の高い増加率がこれらの居住地区のどの部分で生じているかによって，それがア

28) P. M. HAUSER 他 (1968) : The Challenge of Metropolitan Population Outlook, 1960～85, Praeger.

29) R. FARLEY(1970) : The Changing Distribution of Negroes within Metropolitan Areas *American Journal of Sociology*, Jan. 1970, p. 512.

30) L. SHNORE : Satellite and Suburbs, *Social Forces*, **36**, 121-127.

31) H. X. CONNOLLY (1973) : Black Movement into the Suburbs, *Urban Affairs*, **9**(1), p. 92.

32) ゲットーの認容こそ「制度化された人種主義」の典型である，とする批判にはここではふれない。

33) H. M. ROSE (1976) : Black Suburbanization, p. 4, 及び6.

メリカの都市発展に持つ意味もまた変わってくるが，それを裏づける統計データが得られない以上，その意味は推測の範囲にとどめざるをえない。ただ，現在，郊外地域の白人居住区に住む黒人の半数は1960年以降の移動による，との ROSE の指摘や[34]，60年代のアメリカ社会の汚点といわれた排斥地区制[35]に象徴される白人居住者の強い反発の事実は，黒人のサバービアへの移動に対する圧力の高まりの反映と考えてよいし，又，別のデータによれば，最近における黒人の郊外移動は，その中心が社会的経済的地位が高い階層によるものであることから，白人の城が黒人によって脅かされているという事実を推測することができよう。

(ハ) 黒人増加の原因

以上の若干の考察からも，郊外地域における黒人の増加は今後も続くと考えてよいが，この郊外地域における黒人増加を促す要因にもふれておく。

先ず考えられるのは，黒人の所得の増加である。その結果，黒人はより多くを住宅に支出することができるようになり，郊外地域への移動の可能性が大きくなったといえる[36]。

一方，60年代に連邦政府の住宅・都市政策が強化され，低所得層向けの住宅供給がふえただけでなく，その多くが郊外地域に建てられていることが指摘されているが[37]，これによって，黒人の低所得層の郊外移転の機会も増大している。

以上のように，最近の黒人の郊外移動は，戦前からみられる主にゲットー的な居住地区の拡大，公共住宅の建設などによる低所得層の場合と，戦後の新しい，高い所得の黒人エリートたちのサバービアへの移動の場合とに分けられる。

CONNOLLY は，全米24の郊外地域を対象とした研究をもとに，60年代の黒人の郊外移住をリードしたのは中流以上の階層であり，その結果，かつて白人の間でみられた大都市地域の内部における地域的階層分化——つまり，豊かな白人の郊外地域と貧しい白人の中心市——が，今や黒人の間にも生じつつあることを指摘しているが[38]，この指摘は，中心市と郊外地域をめぐって60年代に促進されたアメリカ社会の両極分解の過程で，中心市の貧困層としてとり残されていた黒人の間にも居住における分化が進行していることを意味している。

以上のように，郊外地域における黒人人口は，絶対数ではまだそれ程大きくないとはいえ，連邦裁や政府の支持をうけて，白人の城であるサバービアへの進入の形をとっていると推測できることから，今後，郊外地域の発展に影響を与える要因として注目しなければならない。いずれにしても，黒人のサバービアへの進出は，白人たちにとっては郊外地域の魅力を減ずる要因でしかないから，郊外地域の人口の停滞につながると考えることができる。

(6) 高密度化による郊外地域の変貌

以上のように，SMSA の郊外地域が今後も60年代と同じ型の発展を続けてゆくことは殆んど期待できないであろう。しかし，郊外地域の発展に代わりうる次の新しい市街地開発の可能性が模索中の段階では，なお当分の間，今後もふえる都市人口をうけ入れる受け皿として郊外地域は重要な役割を演ぜざるを得ない。しかしその場合，すでに「郊外の神話」が崩れた状況のもとでは，新しい人口は現在の郊外コミュニティをさらに外側に拡大することによって吸収するのではなく，現在の郊外コミュニティの高密度化を中心にうけ入れることになろう。その結果，郊外地域はこれまで持たなかった集積の利益を享受できる

34) Ibid.

35) たとえば，渡辺俊一 (1972)：米国郊外自治体における地域制の一問題『地域開発』June, July, 1972. 又は，L. H. MASOTTI 他 (ed.) (1974)：Suburbia in Transition.

36) 1967年を100としてみた場合，1976年の所得指数は，白人は178，黒人は183である。U.S. Statistical Abstract 1977. p. 450.

37) R. FARLEY, op. cit. p. 525.

38) H. X. CONNOLLY, op. cit. p. 109.

ようになり，中心市が持っていた便利さが加わる。この高密度化は当然中心市に隣接する部分から生ずるが，これは結果的には中心市の市街地の拡大にすぎないから，アメリカの都市の将来にとって望ましい選択とはいえず，従って政策的なバックアップも考えられない。

III 70年代の変化要因としての政府の役割

さて，以上見てきたように，70年代の人口推移から判断すればアメリカの都市が今や大きな転換期を迎えていることは疑いがない。都市が現代社会の縮図であるとすれば，このアメリカの都市にあらわれている方向転換の動きはまさにアメリカ社会の方向転換を反映している。

最初にとりあげたアメリカ国内の地域相互間に生じた新しい人口の流れは，これまでアメリカの都市と農村との間に働いていた人口吸引要因がもはや過去のものとなり，代って新しい要因が現在の人口の流れを規定していることを物語っている。この，現在全国的な地域相互間の人口移動に動きかけている新しい「地域発展要因—Growth-inducing factors—」として関係者が挙げるものは，ほぼ次の５つに要約することができる。すなわち，アメリカ国民のライフ・スタイルの変化[39]，州際間高速道路網の建設に伴う経済的・時間的距離の短縮，航空機及び電話料金の相対的低減による心理的距離感の短縮，エアコンディショニングの普及，そして，各種税制の働きであるが，この他にとくに南部への移動の重要な要因として，好ましい労働力事情[40]を挙げることもできる。

これらの要因のうち，高速道路建設と税制度とは，連邦政府が直接担当するものであるが，少くともこれまではその人口移動に与える大きな効果を意識して運営されてきたとはいえなかった。それは，すでに述べたように，この国では永い間，国民の居住空間の開発は民間の領域とされてきたからである。この，国土の開発における民間主導の伝統は根強く，都市開発を所管する役所が誕生したのは1965年のことであった。この，今後のアメリカの都市人口収容の手段として注目したいのが，最近積極的に政府が推進をはかっているニュータウン建設と，都心における再開発事業を中心とする中心市の修復とである。

60年代に住民の大量流出が続いた中心市では，70年代に入ってもなお古い大都市を中心に人口の減少が続いているが，一方，その数は微々たるものとはいえ，都心地区の居住者が最近ふえる傾向が生じている。

都市計画家の分析によると，これらの都心地区における居住人口の増加の特徴は，従来のような黒人を中心とする低所得層ではなく，所得の高い階層の還流がみられることである[41]。地方当局による宅地造成を中心にすえたアメリカの現行の都市再開発事業は，結果的には相対的に所得の高い層のための住宅を供給しているが[42]，これは，再開発事業を施行する地方当局の望むところでもある。都心部のスラム地区を再開発したあとに公共住宅を建設する，という60年代前半の住宅政策は，郊外地域における排斥地区制との関連で，むしろ，郊外住宅地へふり向けるよう連邦裁判所や政府が変更を求めている[43]。

一方，近代的ニュータウン計画は，アメリカにおいても1960年代末に政府のプログラムとして登場したが，成果があらわれるにはまだ日が浅く，しかも建設の主体は民間業者であり，政府が業者の借入金の債務保証を行う，というアメリカの方式は，エネルギー危機を契機とした経済不況のもとで，民間業者の経営が悪化したため，その欠陥を露呈し，前途の多難を思わせる。

---

39) この中には「サラリーより豊かな環境」を求める価値観の変化，その他を含むアメリカ人の意識の変化も含まれる。

40) サンベルトでは労働組合の力が弱く，メキシコ，その他ラテンアメリカ各国からの低賃金労働者の大量流入（合法，非合法とも）によって安い労働力が得やすい。

41) H. CINCOTTA：よみがえる都市，*Trends*, 28, p. 37, 他。

42) 荒廃地区の建物の取り壊し，整地，道路のつけ替え，供給処理施設等の整備までを地方当局が行ったあと，民間の開発業者に土地を払い下げ，新しい建物は開発業者が建設する。

43) J. S. ADAMS (ed.) (1976) : Urban Policy Making and Metropolitan Dynamics, Chap. 4, 101–163, 他。

しかし，中心市の回春をめざすこの再開発と，計画的に理想のコミュニティの出現をめざすニュータウン建設とが，これまで民間の主体性に委ねられてきたアメリカの都市開発に新しい方向を与える可能性が期待できるとすれば，民間企業がリードしてきた郊外地域の発展に限界が見え始めた現在，政府が今後のアメリカの都市の開発に演ずる役割の意味と可能性を検討しておく必要がある。連邦政府が積極的に推進してきた再開発計画の法的，制度的枠組や実績については，すでに若干の紹介，分析もあるが，ニュータウン計画については，発足後9年近く経過していながら余りとりあげられていない。又，ニュータウン計画の一環として連邦政府が推進する「都市の中のニュータウン（NTIT）」の建設も本質的には大規模な都心再開発と考えてよい。このため，次の機会* に連邦政府によるニュータウン計画をとりあげ，それがアメリカの都市の将来に持つ役割を明らかにしたい。

参考文献

ADAMS, J. S. (ed.) (1976) : Urban Policy Making and Metropolitan Dynamics, Ballinger.

APPLEBAUM, R. P. (1976) : The Effects of Urban Growth, Praeger.

BAILEY, A. (1967) : Through the Garden City, Macmillan.

BERRY, B. J. L. (1973) : The Human Consequences of Urbanization, Macmillan.

——, (1977) : Contemporary Urban Ecology, Macmillan.

——, (1977) : Population Distribution in the United States in the 1970s, National Academy of Sciences.

CALLOW, Jr., A. B. (ed.) (1969) : American Urban History, Oxford Univ. Press.

CHUDACOFF, H. P. (1975) : The Evolution of American Urban Society, Prentice Hall.

COLMAN, G. W. (1975) : Cities, Suburbs and States, The Free Press.

GOLANY, G. and D. WALDEN (ed.) (1974) : The Contemporary New Communities Movement in the, U.S., Univ. of Illinois Press.

GORHAM, W. and N. GLAZER (ed.) (1976) : The Urban Predicament, The Urban Institute.

GRIER, E. S. and G. GRIER (1978) : Black Suburbanization at the Mid-1970 s, The Washington Center for Metropolitain Studies.

LAMB, R. F. (1975) : Metropolitan Impact on Rural America, Research Paper No. 162, Department of Geography, Univ. of Chicago.

MASOTTI, L. H. and K. H. JEFFEREY (ed.) (1974) : Suburbia in Transition, New York Times Book.

MORRISON, P. A. (1974) : Urban Growth and Decline in the U.S., The Rand Corporation.

——, (1977) : Current Demographic Change in Regions of the United States, The Rand Corporation.

MULLER, T. (1975) : Growing and Declining Urban Areas, The Urban Institute.

ROSE, H. M. (1976) : Black Suburbanization, Ballinger.

ROSEMAN, C. C. (1977) : Changing Migration Patterns within the United States, Association of American Geographers.

SCHLIVEK, L. B. (1965) : Man in Metropolis, Doubleday.

SCHNARE, A. B. (1976) : Residential Segregation by Race in U. S. Metropolitan Areas : An Analysis Across Cities and Over Time, The Urban Institute.

SMOOKLER, H. V. (1976) : Economic Integration in New Communities : An Evaluation of Factors Affecting Policies and Implementation, Ballinger.

STERNLIEB, G. and J. W. HUGHES (ed.) (1974) : Metropolitan Decline and Inter-Regional Job Shifts, Rutgers.

U. S. Bureau of the Census, Department of Commerce :

Trends in Social and Economic Conditions in Metropolitan and Nonmetropolitan Areas, *Current Population Reports*, Series p-23, No. 33, 1970.

Social and Economic Characteristics of the Population in Metropolitan and Nonmetro-

* [illegible]（編者註）

politan Areas: 1970 and 1960, *Current Population Reports*, Series p-23, No. 37, 1971.
The Social and Economic Status of the Black Population, *Current Population Reports*, Series p-23, No. 54, 1974.
Social and Economic Status of the Metropolitan and Nonmetropolitan Population: 1974 and 1970, *Current Population Reports*, Series p-23, No. 55, 1975.
Population Profile of the U. S.: 1976, *Current Population Reports*, Series p-20, No. 305, 1977.
U. S. Depatrment of H.U.D. (1976) : 1976 Report on National and Urban Development, U. S. G.P.O.
U. S. House, Banking, Finance and Urban Affairs Committee (1977) : Toward a National Urban Policy, U.S. G.P.O.
U. S. Advisory Commission on Intergovernmental Relations (1977) : Trends in Metropolitan America, U.S. G.P.O.
WARREN, R. L. (1972) : The Community in America, Rand MacNally.
渡辺俊一：米国郊外自治体における地域制の一問題(上)『地域開発』No. 93(1972年6月号), 51-60, No. 94 (1972年7月号), 60-66.
CONNOLLY, H. X. (1973) : Black Movement into the Suburbs, *Urban Affairs*, Sept. 91-111.
COTTINGHAM, P. H. (1975) : Black Income and Metropolitan Residential Dispersion, *Urban Affairs*, March 273-296.
FARLEY, R. (1970) : The Changing Distribution of Negroes Within Metropolitan Areas, *American Journal of Sociology*, Jan., 512-529.
GOLDFIELD, D. R. (1976) : The Limits of Suburban Growth, *Urban Affairs*, Sept. 83-111.
HERMALIN, A. I. and A. FARLEY(1973) : The Potential for Residential Integration in Cities and Suburbs: Implication for Busing Controversy, *American Sociological Review*, Oct.
MAYER, H. M. (1969) : The Future of Cities: Governmental Coordination and Planning, *The Journal of Geography*, Vol. LXVIII. No. 9. Dec. 518-526.
TUCKER, C. J. (1976) : Changing Patterns of Migration between Metropolitan and Nonmetropolitan Areas in the United States: Recent Evidence, *Demography*, **13**(4), 435-443.
TURNER, A. (1974) : New Communities in the U.S. 1968-1973, *Town Planning Review*, Jul. 259-273, and Oct. 415-430.
WARDWELL, J. M. (1977) : Equilibrium and Change in Nonmetropolitan Growth, *Rural Sociology*, **42**(2), 156-179.

(1978年5月10日受理)

地学雑誌 87, 4 (1978)

濃尾平野の旧砂丘

—特に須脇砂丘を中心として—

西 沢 邦 和*

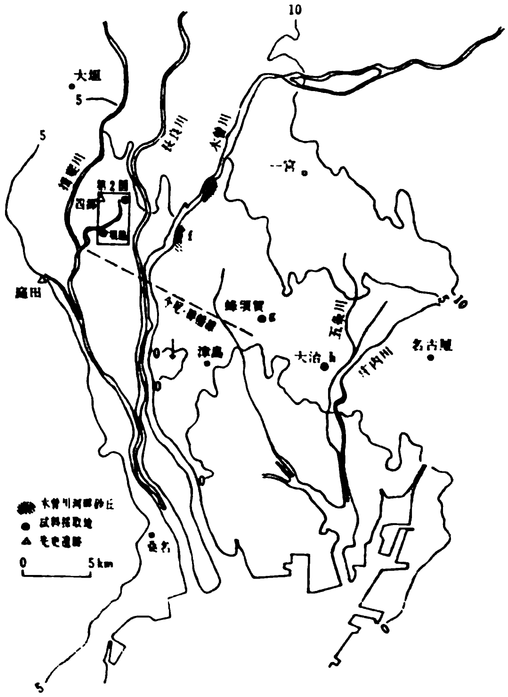
Old Sand Dunes in the Nobi Plain

Kunikazu NISHIZAWA

I はじめに

濃尾平野においては，完新世中期のころ，いわゆる縄文海進に際して海岸線が現在よりかなり内陸部まで侵入していたことは，現海岸線から大垣市に至る同平野の上部沖積層中に鹹水性貝化石が発見されている事実から明らかであり，それは鹹水性の庭田貝塚(岐阜県海津部南濃町・縄文中期)が現海岸線から約25km も内陸部に位置していることからも裏付けられる[1]。

しかし，そのような海進現象が地質学的証拠，あるいは先史遺跡の分布状況から認められるにもかかわらず，現在の濃尾平野内において旧海岸線の位置を示す地形的証拠は，今までのところ発見されていない。改めて言うまでもなく海岸線に沿って発達する堆積地形としては，浜堤・海岸砂丘などがあげられるが，このうち海岸砂丘については，各地で旧海岸線沿いに形成されたとみられる旧砂丘の存在が報告されている[2]。濃尾平野の場合，冬季の北西季節風が強く，また木曽川を中心とする河川による砂の供給が豊富であるなど，砂丘形成の条件はそろっており，現に木曽川左岸には歴史時代に形成されたと推定される河畔砂丘が数ヶ所にわたって存在している。他方，海岸砂丘は一般的にみて，浜堤など他の海岸堆積地形に比べてその高度が大きく，地盤沈降が継続し旧海岸地形が埋積されやすい西濃地域においても現在に至るまでその形態を残存している可能性は高いと考えられる。このような理由から，筆者は濃尾平野における旧海岸線の証拠として海岸旧砂丘を選択し，その分布状況を確かめるための調査を試みた。その結果，平野西部の輪中地域において旧砂丘と推定される微高地を確認したので，以下に報告するものである。



第1図 研究地域概観図
f～h は第2表の試料採取地

II 調査方法

国土基本図をはじめとする大縮尺地形図によって，自然堤防(濃尾平野においては一般に後背湿

* 海上保安庁水路部 Hydrographic Department, Maritime Safety Agency

第1表　濃尾平野西部～南部の「大比高微高地」*

	所在地	最大標高	水田面との比高	長径（方向）	短径	備考
イ	岐阜県平田町須脇	8.2m	約 7m	約400m(NE-SW)	約250m	
ロ	岐阜県平田町勝賀	5.2m	約 3m	約190m(N-S)	約100m	
ハ	愛知県美和町蜂須賀	11.2m	約9.5m	約 70m(円形)		人工盛土地と推定される　第1図g
ニ	愛知県大治町馬島	約 5m	約 4m	約100m(E-W)	約 30m	第1図h

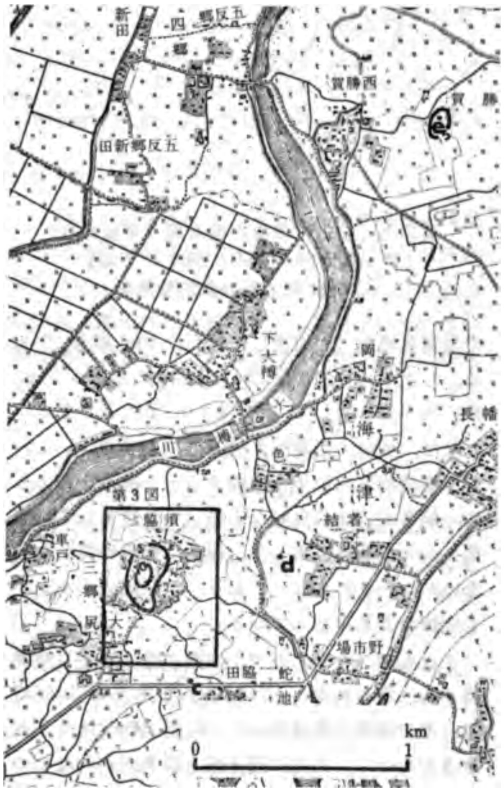
* 本文参照，木曽川河畔砂丘および明らかな人工盛土地は省いてある。

地面＜水田面＞との比高は1.5～2.0m 内外である）に比べて，より比高の大きい微高地を選び出した結果，同平野西部から南部にかけて，第1表に示す「大比高微高地」が見いだされた。これらのうち，岐阜県平田町須脇に所在するもの（第1表，イ）は，その規模が最も大きく，構成する砂の淘汰状況からみて旧砂丘の可能性が大きいように思えたので，この微高地を中心に構成物質の粒径分析などを行ない，濃尾平野内の他の類似地形における場合と比較する一方，砂丘研究の進んでいる北陸地域の海岸砂丘における粒径分析結果とも比較検討し，第1表の微高地について，風成砂丘と人工微高地との区別を行なった。また，河畔砂丘と海岸砂丘の区別を行なうために，旧河床の分布状況についても文献資料から考察した。

III　須脇微高地の概要

海津郡平田町須脇は，長良川と揖斐川とに挟まれた高須輪中の北部に位置する。この付近は，濃尾平野における自然堤防帯の末端部にあたり，多田文男・井関弘太郎(1955)の指摘した「今尾・勝幡線」と呼ばれる構造線のすぐ北側に所在する。一方，この自然堤防帯の末端部より南側(下流側)では，近世以降の干拓新田がひろがり，最近の土地改良が行なわれるまで湿地的景観が残されてきた。このように「今尾・勝幡線」に沿って明確な地形境界が見られるうえ，高須輪中南部の水田標高が現在ほぼ0m であることを考慮すれば，同構造線に沿う自然堤防帯の末端部あたりが，ある時期の海岸線であった可能性はかなり高いものと考えられる。

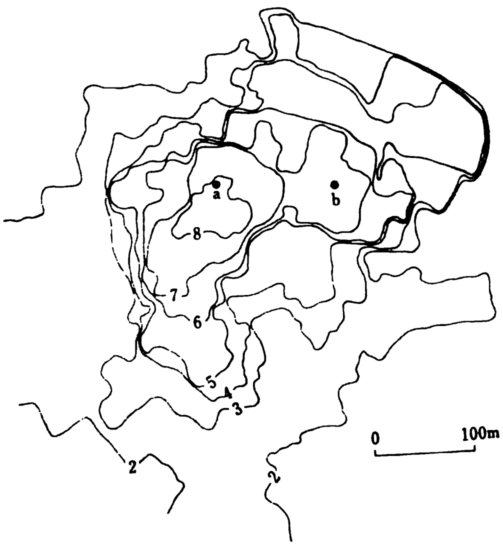
また，この位置を先史遺跡との関係からみると，須脇の北約2.5km に輪中地域における唯一



第2図　平田町須脇付近の地形
（大正9年測図2万5千分の1地形図「竹鼻」）
c～e は第2表の試料採取地

の弥生式遺跡である四郷包含地（岐阜県安八郡輪之内町・弥生末期）があり，木曽川右岸においては須脇を含めてこれより下流部に先史遺跡の存在は知られていない。

須脇微高地の最高点は，海抜8.2m を示す[3)]。因みに周辺の自然堤防および自然堤防状微高地の標高は海抜3m 前後であり，他方，このあたり



第３図　平田町須脇の微高地（須脇砂丘）
（国土基本図 Ⅶ-MC 78-1 による）
a，b は第２表の試料採取地

の後背湿地面（水田面）の標高は１m 前後である。したがって，微高地の比高は，前者が７m 余に及ぶのに対して，後者は２m 余にとどまる。

次に，須脇の微高地と付近の自然堤防について，構成物質の粒径を比較すると，後述するように，前者が淘汰の良好な中砂（中央値で1.3ϕ 前後）からなるのに対して，後者は褐色砂質シルトないしシルトからなっており，粒径組成のうえでも明瞭な差異を示している。

これらのことからみて，須脇の微高地が自然堤防から区別されることは明らかであるが，同時に，その規模が長径400m，短径250m に及ぶ大きさからみて，人工の盛土地とは考えられないのであり，そのことは同微高地を構成する砂の分級が極めて良好なことからもうかがえる。後述するように，人工盛土地と判断された愛知県海部郡美和町の微高地（第１表，ハ）における構成物質の粒径分級が著しく不良であるのとは，かなり異なった様相を示している。

したがって，同微高地の成因を風成砂丘と推測することが妥当と思われるが，しかし，この場合，その砂丘が河畔砂丘である可能性もなしとしない。ことに岐阜県（1953）によれば，須脇の北西側に天正14年（1586年）の大洪水まで古木曽川の幹流のあったことが記されている。このようなことから，同微高地が海岸砂丘であるか否かについては，砂粒の分析，さらには周辺類似地形との比較研究によって判断されなければならない。

IV　粒径分析の結果とその考察

粒径分析の結果は第４図および第２表に示すとおりである。それによれば，この微高地（以下「須脇砂丘」と呼ぶ）を構成する砂は，試料を採取した２地点ともほぼ同様の粒径組成を示し，周辺の自然堤防（試料５および６）のそれとは明らかに異なっている。その中央値（Mdϕ），淘汰度（QDϕ・$\sigma\phi$）は，北陸地域の海岸砂丘（安原砂丘・試料11）の値に極めて近似しており，このことからも須脇砂丘を風成砂丘と考えることの妥当性を示している。しかしながら，それと同時に，試料８に示される木曽川河畔砂丘砂の中央値および淘汰度とも近似していることが注意される。したがって，砂の淘汰度などから，河畔砂丘か海岸砂丘かの判断をすることが困難なことがわかる。

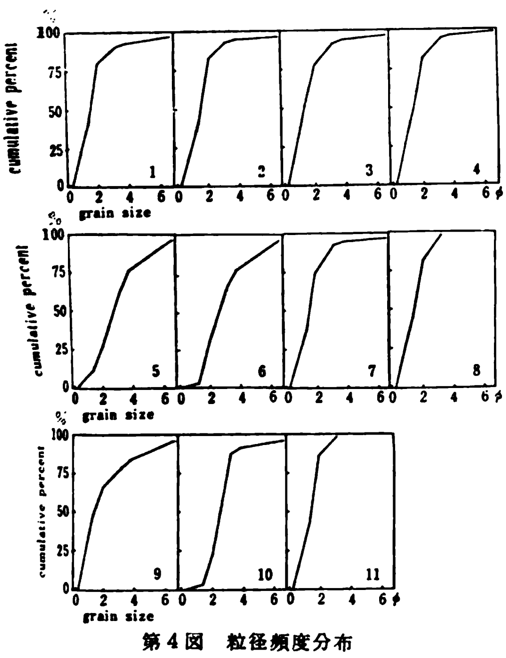
そこで，両者の区別を砂丘状微高地の分布状況から検討を進めることにしたが，まず試料９の愛知県美和町蜂須賀のそれは，地元にも人工盛土地の伝承があるように，同微高地の構成物の淘汰度は極めて悪くシルトの割合も大きく，風成砂丘とは考えられない状態を示している。これに対して，試料10の愛知県大治町馬島の微高地の場合は，第２表に示すごとく中央値はやや細粒の状態を示すが，淘汰度は極めて高く（須脇砂丘の値とほぼ等しい）風成砂丘の様相を呈している（以下「馬島砂丘」と呼ぶ）。しかるに，同砂丘は庄内川あるいは五条川の河道に対して西側（右岸）に位置しており，北西季節風と河床との位置関係[4]からみれば，河畔砂丘を形成する条件において逆の状態にあるといえる。このような点から，馬島砂丘は河畔砂丘ではなく海岸砂丘としての可能性が高いが，そのあたりの標高が海抜１m 内外であるうえ，同地点が自然堤防帯の末端部にあたることからみて，同砂丘が旧海岸線に沿って発達したと推測することは許されよう。

そうした場合に注意されることは標高および自

第2表　粒径分析の結果

No.	採取地	図中記号	標高（海抜）	水田面との比高	採取深度（地表面下）	Ndφ	QDφ	σφ	αφ	備考
1	岐阜県平田町須脇	第3図a	8m	7m	60cm	1.39	0.40	0.72	0.11	
2	〃	〃	〃	〃	100cm	1.34	0.49	0.83	0.19	
3	〃	第3図b	6m	5m	60cm	1.28	0.50	0.83	0.24	
4	〃	〃	〃	〃	100cm	1.42	0.44	0.77	0.13	
5	岐阜県平田町蛇池	第2図c	3m	2m	80cm	2.75	0.91	1.63	0.26	自然堤防
6	岐阜県平田町者結	第2図d	3m	2m	80cm	2.75	0.83	1.54	0.35	〃
7	岐阜県平田町勝賀	第2図e	5m	3m	80cm	1.57	0.51	0.80	−0.04	
8	愛知県祖父江町江西	第1図f	10m	7m	20cm	1.40	0.47	0.70	0.00	木曾川河畔砂丘
9	愛知県美和町蜂須賀	第1図g	11m	9.5m	30cm	1.32	0.93	1.49	0.57	
10	愛知県大治町馬島	第1図h	5m	4m	50cm	2.34	0.40	0.61	0.15	
11	石川県金沢市浜安原		10m	7m	20cm	1.42	0.48	0.67	−0.19	安原砂丘*

* 北陸沿岸の海岸砂丘，比較のために載せた。なおこの砂丘については藤則雄(1966)に詳しい。



第4図　粒径頻度分布
1～11は第2表の試料番号

然堤防帯の末端という点において，須脇砂丘と馬島砂丘とは極めて類似した状態にあることである。他方，現在知られている木曾川の河畔砂丘のすべてが近世以降の河川堤防をもとにして形成されているのに対して，中世以前の河道に沿って発達した河畔砂丘はこれまでのところ報告されていない。

これらの点を総合してみると，須脇砂丘を馬島砂丘と同様に海岸砂丘と推定することが，河畔砂丘とするより妥当であると判断されるが，直接的な証拠（鹹水性の貝殻など）が発見されていない現段階においては，その判定は今後の研究に待ちたい。

V　まとめ

岐阜県平田町須脇の微高地は，その平野内での位置，比高，構成物質およびその粒径組成の状態からみて旧砂丘と判断された。この陸封旧砂丘を「須脇砂丘」と呼ぶことにしたが，それが河畔砂丘か海岸砂丘であるかの判定については，同砂丘と同様な地形環境に残存している「馬島砂丘」との類似性から海岸砂丘として推論した。換言すれば，濃尾平野の自然堤防帯の末端部に位置する海抜1m 前後の部分には，海岸砂丘と推定される古砂丘の存在が認められるのである。なお，須脇砂丘の北東2.5km には，類似の微高地（第1表，ロ・第2表，試料7）があり，その構成物質の諸特性は須脇砂丘のそれと全く一致する。このことは，須脇砂丘が形成された当時にはかなりの規模の海岸堆積地形が発達していたことを推定させるが，そのような時期がいつのころであるかは，今後の研究で明らかにするつもりである。

謝　辞

小論作成にあたり，ご指導頂いた名古屋大学地

理学教室の井関弘太郎教授，原稿を読んで頂いた水路部の茂木昭夫氏に深く謝意を表します。

また発表の機会を与えて下さった川上喜代四氏に厚くお礼申し上げます。

注

1) これらについては，すでに多くの報告がある。例えば
古川博恭(1972)：濃尾平野の沖積層——濃尾平野の研究，その1．地質学論集，7，36-59.
井関弘太郎(1969)：先史時代・歴史時代の地史．名古屋地盤図，13-16.
松沢　勲・嘉藤良次郎(1954)：名古屋及び付近の地質，同地質図．愛知県地質部．
2) 例えば
藤　則雄(1969)：日本海沿岸の海岸砂丘．金沢大学日本海域研究所報告，1，5-33.
大矢雅彦・市瀬由自(1958)：下北半島の海岸砂丘，第1報．資源研彙報，46-47，5-12.
3) 現地での聞き取りによれば，大正年間にこの微高地の上部を数 m 削ったとのことで，それ以前には海抜10m 以上の高度をもっていたと推定される。現に旧地形図には10m の等高線が記入されている(第2図参照)。
4) 北西季節風によって形成される河畔砂丘は河床の東側にできるはずである。現在の木曽川河畔砂丘もすべて河床東側（左岸）に分布している。

文　献

藤　則雄(1969)：日本海沿岸の海岸砂丘．(前掲).
岐阜県(1953)：岐阜県治水史　上．53-58.
多田文男・井関弘太郎(1955)：濃尾平野の地形構造と地盤沈下．総理府資源調査会事務局，1-82.

(1978年4月26日受理)

地学雑誌 87, 4 (1978)

中華人民共和国に於ける最近の生層位学・古生物学的研究

小　林　貞　一

Recent Biostratigraphical and Palaeontological Studies in the People's Republic of China

Teiichi KOBAYASHI

日本の化石を研究する場合に中国のものとよく比べてみなければならない部門が少くない。それだから私は嘗って「中国に於ける最近の古生物学研究」を地質学雑誌63.66巻（1957, 60）に紹介したことがあった。中国古生物学報が発刊されたのは1953年で，私はその時1-7巻までについて書いた。これは当時季刊誌で，爾来14巻（1966）までに多数の貴重な論文が掲載された。それのみならず中国科学院古生物研究所集刊も出て，私はその第2号（1959）は見たが，未だ第3・4号を見ていない。

此の間の重要な古生物学書として中国標準化石脊椎動物・植物各一冊（1954）無脊椎動物3冊（1957）があり，更に中国各門類化石のシリーズとして，1963-66間に中国的層孔虫・珊瑚・苔藓虫・腕足貝・介形類・三葉虫・筆石等が出版された。そのうちには夫々の部門の化石が網羅的に記載・図示されている。その他に西北標準化石手冊（1963）といったような中国区域標準化石手冊も何冊か出た。

以上のほかに中華人民共和国地質部地質科学研究所専刊乙種地層学古生物学があるが，残念乍ら私はその3巻1号貴州及湖南西部寒武紀三葉虫動物群だけしか見ていない。これは L. I. JEGOROVA と中国の学者数名の共著（1963）である。祁連山地質志4巻1分冊（1960）に奥陶・志留両紀三葉虫の論文が含まれているが，私は未だ見る機会を得ていない。

層位学上では中国区域地層表（693頁，1956），同（草案）补篇（190頁，1958）があり，全国地層会議学術報告彙編（1964）がある。後者は中国的先寒武系，古生界6系の各冊，三畳系，侏羅・白亜両系，新生界および晩古生代と中生代の陸相地層の12冊からなり，当時の中国的層序論の総決算ともいうべき重要な出版物である。

このような彼地のめざましい斯学の発展は突然1966年盛夏に頓挫して，文献の国際交換も杜絶した。しかし1974年前後から文献の交流が再開して来た。盛莘夫の中国奥陶系劃分和対比は将にこの年に出版されている。中国科学院南京地質古生物研究所集刊（以下集と略記）5号・6号も亦1974年に出た。そして7号が1976, 8号が1977に出ている。

1975年には北京の地質科学研究院から地質古生物論文集（論と略記）第1輯・第2輯が出版された。夫れに続いて古生物学報（略，報）は年2冊となり，その15巻1・2期が1976, 16巻1・2期が1977に出た。特に報には英文の摘要がある。これらの3誌に掲載された論文を時代別・地区別・部門別に見ると下記のようになる。

先寒武紀　紅藻・迭層石と震旦系区分・対比（集5）

寒武紀　層序と古地理・三葉虫（集5），湖南の *Olenidae*（報16-1），*Hyolitha* と *Prcoblematica*（報16-2），四川雲南の介形類（論2）

奥陶紀　生層位と古地理・腹足類・鸚鵡貝・三葉虫（集7），華北の奥陶系と頭足類（報15-1），新疆の筆石（報16-2）

志留紀　寧夏の筆石・四川の腕足貝（論2），雲南の藓虫（報15-1），湖北の腕足貝（報16-1）

志留・泥盆両紀の湖南産三葉虫（報16-1）

志留—石炭三紀の珊瑚（論2）

泥盆紀 華南の生層位と珊瑚・腕足貝等(集6)，貴州・広西の腕足貝・菊石・三葉虫・珊瑚・花粉と華南の無顎類・魚類(論1)，広西の珊瑚と湖南・湖北の植物(論2)，雲南の花粉と広西の四排組（報15-1)，中国西南の輪藻と広西の介形類（報15-2)，中国西南の珊瑚と広西の腕足貝（報16-1)

石炭紀 貴州・甘粛の層位(集6)，紅藻と二枚貝(集8)，内蒙の紡錘虫(論2)，江蘇の紡錘虫・珊瑚と雲南の珊瑚（報15-2)，貴州の腕足貝(報16-1)

二畳紀 生層位(集5)，貴州の有孔虫・珊瑚（報15-2)，貴州の真菌・三葉虫と浙江・江西の菊石・魚（報16-2)

中生代 西南の介形類(報15-1)；東北の孢子・花粉（報15-2)

三畳紀 四川・陝西の植物（報16-2)

侏羅紀 遼寧の昆虫（報15-1)

侏羅・白亜紀の *Conchostraca* と古地理(報16-1)

白亜紀 内蒙の植物（報15-2)，中国東部の植物(報16-2)

白亜・第三紀 江蘇の腹足類(集8)，華南の腹足類（報16-2)

新生代 中国東部の有孔虫(論2)，西藏の中新世植物(報15-1)，東北古成の孢子・花粉(報15-2)，安徽の哺乳類（報16-1)，江蘇の藻類(報16-2)

第四紀 浙江の孢子・花粉（報16-1)

其他竹笋（報15—1)

以上の外に1975-77年の間に出版された単行本として，大巴山西段早古生代地層誌，青海蜓類，雲南中生代紅層，雲南中生代化石(上下2冊)，松遼盆地白亜紀介形類化石，松遼盆地晩白亜紀孢粉組合，松遼平原白亜・第三紀介形虫化石，小興安岺南部二畳紀植物群等がある。

中国各門類化石のシリーズでは中国的辨鰓類化石と同葉肢介化石が共に1976年に出た。更に喜ばしい事は中国古生物誌 New Series としても，新乙種11号として盧衍豪(1975)：華中・西南奥陶紀三葉虫動物群の出版された事である。これは463頁，50図版の大著で，その半分近くが英文で，中国文の88頁が生層位学的記述に費されている。

最近の特筆事項として秘境西藏の地質が解明の緒についたことである。中国科学院西藏科学考察隊は1966-1968年の珠穆朗瑪峰地区科学考察報告を逐次出版して来た。そのうちに地質篇と3分冊からなる古生物篇が含まれている。

先きに述べた地区別化石図鑑の編集が最近非常に活潑に進められていることも注目に値する。その最初に上梓されたのが，南京地質古生物研究所編著(1974)：西南地区地層古生物手冊で454頁，202図版，20附図からなり，初めの65頁に層序が記述され，続いて震旦紀から侏羅紀前期までの諸化石が記載・図示されている。本著のみならず新に内蒙古自治区地質局，東北地質研究所の合作として華北地質古生物図冊の内蒙古分冊が古生代部分と中新生代部分の2冊として1976年に，また湖南地質研究所と河南・湖北・湖南・広東各省地質局および広西壮族自治区地質局の6機関の共同編集による中南地区古生物図冊(1977)が，早古生代，晩古生代・中新生代の3部分に分れて出版された。前者には地層概述が巻頭に附してあるが，後者は専ら化石の記載・図示である。これらの手冊・図冊中には多数の新種が含まれ，新属の数も少くない。

之を要するに中国ではその豊富な化石が急速に記載されつつあり，地質調査と相俟って，化石と層序の知識が著しく進歩している。日本では最近の傾向として海洋側に比べて大陸側の地質・古生物は看却され勝ちのように見受けられるが，中国の著しい調査研究の成果を見ずには東亜地質の全体を把握することは出来ない。上記は生層位学・古生物学上の成果を概観する可く執筆したのであるが，古生物学中でも特に脊椎動物の部門が大きく欠けている。楊鐘健等の中国科学院古脊椎動物・古人類学研究所の活動については，その専門家の紹介に俟つことにして玆には若干の近著を列挙するにとどめる。

新疆古生物考察報告（一）吐魯番二・三畳紀脊椎動物化石

会（二）烏尓木翼竜動物群

広東南雄古新生哺乳動物群

中国的象化石

黄河象

(1978年4月22日受理)

琉球諸島と台湾の地質研究の栞

小 林 貞 一

Guide to the Geological Studies in the Riukiu Islands and their Relation to Taiwan

Teiichi KOBAYASHI

最近とみに琉球諸島の地質を調査・研究する人が多くなって来た。それらの方々は本土の地質と比べて，日本弧と琉球弧のつながりを考察しているが，後者と台湾との地質関係に考慮をめぐらしているものは割合に少いように見受けられる。比較構造論上から見ると琉球諸島は九州とよりもむしろ台湾とのつながりに於いて難解な点がある。最近に台湾の地質文献目録に接したので，その紹介と共にこの方面の地質調査研究の道しるべとなる二，三の文献を列記する。

鄧雪瑩：台湾地質文献目録 民国三十五年至六十一年 台湾省地質調査所

TENG Hsueh-Ying (1973) : Bibliography of Taiwan Geology 1946 through 1972. Geological Survery of Taiwan.

これは標題の通りの労作で137頁からなり，その117頁が台湾内外の学者の著者名のアルファベットと出版年次順を追うて配列された文献目録で，118-134頁が Subject Index で英語で引くことが出来，135-137頁が中英文名詞対照表となっている。勿論そのうちには漢字だけの標題もあるが，大多数には英文がついているし，英文だけのものもある。

本著に先立って顧瀹波・何春孫・陳培源共著の「台湾地質文献集」58頁が1947年に同じく台湾省地質調査所から出版されていて，古いところでは Lieut. GORDON (1849) : Observation on Coal in NE. Part of Formosa. *Journal of Royal Geographical Society*, 19, まで遡っている。上記の2篇で前世紀半ばまでの文献が拾い出せるということはまことに便利で，作者の労作を感謝する。

台湾の地層名辞典としては少し古いが下記の好著がある。

BIG Chingchang et al. (1956) : Taiwan (Formosa). Lexigus Stratigraphique International, III, Asie, Fasc. 4, 143.

橋本亘 (1964) 中華民国台湾省で刊行された台湾の地質に関する文献の紹介 (1-2)，地学雑誌 73，(5-6)。

同 (1965-66)，台湾地質見聞雑誌 (15) 地学雑誌，74(6)，75(1-4)。

これは戦後当時までの文献の紹介や実地に踏査しての見聞・批評などがとりまとめられている。

T. OGURA, (ed.) : Geology and Mineral Resources of the Far East 3, (1971)，401頁，東大出版.

Yoshiro TOMITA : Geomorphology of Taiwan.

Ichiro HAYASAKA : A Summary of Geological Observations in Taiwan from 1895 to 1946.

富田の論文には台湾の地形が，また早坂の論文には明治28年から戦後初期までの地質研究成果が取まとめられている。

琉球の地質については，下記の地層名辞典や文献集がある。

HANZAWA, S. (1956) : Ryu-kyu. *Lexigue Stratigraphique International* III Asie, Fac. 3 b. 167-183.

沖縄地学会編 (1974) 南西諸島地学文献集

後者に先き立って H. L. Foster の非常な労

作がある，すなわち，下記の大著である。

Interigence Division, Office of the Engineer Headquaters U. S. Army Forces Far East and Eighth U. S. Army with Personnel of the United States Geological Survey: Annoted Bibliography of Geologic and Soils Literatures of Western North Pacific Islands. 884 頁.

ここに言う西北太平洋諸島とは琉球・台湾・伊豆七島から南はマリアナ・カロリン・マーシャル諸島に至る間である。あまりにも広範で邦文の論文題目などが英文化されているので，我々には不便なこともあるが，摘要のあるのは便利である。本著は沖縄地学会編の文献集には参照されていないようであるから，遺漏が補充されるであろう。

(1978年4月22日受理)

書評と紹介

ANAI, T. et al.: Checklist of Ostracoda rom Japan and Its Adjacent Seas. 119 p. plts. ,4200円, 1977. University of Tokyo Press.

本書は東京大学総合資料館研究報告の No. 12 してまとめられた内容が東京大学出版会から単本として出版されたものである。近時，国際的微古生物に関する知識と関心とが著しくたかまて来ているが，Ostracoda もその一分野であ。従来ともすれば微古生物学への関心は有孔類であった感がないではなかったが，Ostracoda 有孔虫類におとらぬ地史学上，層位学上の価値広く認識されてきている。しかしわが国ではこ分野の研究はおくれをとっており，ある意味で基礎ともなり得る図書が必要にせまられてい。本書はこのような斯界の進歩の趨勢にそう意のもとに日本及びその近隣産 Ostracoda が系的に総括されたものである。

序論の項では日本の Ostracoda の研究史ないは反省と分類学上留意すべき基本的態度が指摘れている。すなわち日本の Ostracoda の分類的研究には大別して特殊なタクサを取り扱ったの，地域的記載に関するもの，また地質年代の定に役立てようと試みた3つの特色があると，種の記載とか，地質年代の決定に役立てる場には何といっても分類の基本となる種の明確定が欠かせないとしている。そしてこれまでの本の Ostracoda の研究にはタクサに対する充な注意が払われずに記載されたきらいがあり，れは日本の初期の研究者の態度に由来しているしている。花井哲郎博士により1959年，Ostracoda の check list が作成されて以降，1975年までには日本及び近隣産化石種と現生種とをあせ366種が記載報告されてきたが，最近におけ夥しい種名増加はこの分野の研究が如何にわがにおいても急速に進展しつつあるかを示し，またその反面種々の問題がひそむことへの警報であうとの注意深い思慮が払われている。

覚え書きの項では本書作成の目標が日本及びそ近隣化石種及び現生種の Ostracoda の分類上情報を正確に提供することにあったとしている。とりあげられた地域は南千島列島北端から琉球列島南端までを主とし，それに外国の若干が含まれ，対象となった資料は東京大学と東北大学とにある標本で，これを検討し，外国に保存されている模式標本も検討された。しかしこのような努力を払ってもなおかつ属・種名の同定に疑問が残され，それらは疑問符をつけて今後の研究に待つとしている。また従来用いられてきた慣習的分類についても修正され，たとえば GRAMM (1968, 1972)が強調したように Cavellinidae は Platycopina におきかえている。これまでに判明している地理的，層位学的分布の情報はどの種についても産地の表題のもとに述べてある。そして第1図には化石種が，第2図には現生種の産地が示され，本書の理解を一層深めることに役立っている。

check list の項では種ごとに既に記載された論文名，Holotype，または Paratypo の指定標本，模式産地，産出の範囲，注意事項の記述が77頁に亘りきめこまかである。

日本の Ostracoda の今後の問題の項は花井博士の執筆によるもので，この項は本書中，最も読みごたえがある。Ostracoda の研究には考え方として大きくみて2つの方向があるとし，1つはタクソノミック・グループを理解しようとするもの，他は Ostracoda が生物学における特定の基礎研究に非常に有用な生物グループである理由から実験動物として取り扱うとするものである。しかし実際には両者の関連にもとづくものが少なくないという。基礎となる組織的研究において Ostracoda は有利な3点があると指摘している。すなわち Ostracoda は浅海性のありふれてみられる微生物であるから微地形的分布や群集構成が比較的容易に解明でき，また種によっては Ostracoda の発生的研究が把握し易く，そして浅海性の Ostracoda の多くは比較的飼育が簡単であるという。特に飼育に選ばれる Ostracoda は四季を通じていたるところで捕獲でき，広感性の耐久力のものがよく，飼育をとおして研究されるべき主要課題に多型の問題があると指摘している。研究の今後の見とおしとしてわが国では中新世以前の Ostracoda の研究は僅かではあるが，

近い将来，古生代（石灰岩中のもの），後期白亜紀，古第三紀の Ostracoda が調べられるようになるだろうと述べている。

文献集の項では日本文の既刊文献をも含めて著者ごとにアルファベット順にならべてあり，索引の項では属名，種名が14項に亘り記述され，検索し易いようになっている。

本書の最後の図版4葉には

Khataiella ohazamensis (ISHIZAKI), *Parakrithella pseudadonta* (HANAI), *Pectocythere quadrangulata* HANAI 外4種の完模式種，準模式種が走査電顕写真を用いて適切に表現され，また一方，細かい特徴を描写した説明図が掲載されている。

以上は本書の内容の概要の紹介であるが，本書は花井哲郎博士を中心として池谷仙之，石崎国熙両博士，関口善行，矢島道子両氏の共同研究による労作のたまもので，最新の分類体系の基礎の上に立った Ostracoda の check list であるだけあって斯界の今後の発展に寄与すること大であると思われる。84頁からの Ostracoda に関する今後の問題について論及された項は必ずしも長文ではないが，今後の研究にまつべき課題とその意義とが行間ににじんでおり，研究者への示唆が特に深く，感銘を受けること大である。巻末の図版は各属・種の特徴がどこにあるかが明快に表現され，属・種の理解を一段と容易にしている。本書は初学者にはもちろん研究者にとっても多くの示唆と便宜とを与える点で広く推薦いたしたい。

（前田四郎）

協会記事

理事会（53年度第1回，昭和53年5月30日）

出席者：坪井会長，保柳副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，佐藤，式各理事。

議　事：

1．下記の正会員の入会を次回の評議員会に提案することに決定。
　　宇多村　譲

2．大橋良一名誉会員に贈る推せん状の原案を決めた。

3．会館建設のための資金借入れに関する持回り審議（5月18—22日）の結果を確認した。

4．貸借対照表ならびに財産目録を再検討することにした。

5．会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。

(2) 近隣との協定書案および調印の時期について審議した。

(3) 6月1日午前10時半から地鎮祭を行なうことを諒承した。

定款検討小委員会（昭和53年6月1日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤各委員，坪井会長，神山将来検討委幹事。

議　事：現行定款の逐条検討が行なわれた。

地殻開発小委員会（昭和53年6月9日）

出席者：佐藤委員長，岩生，川上，虎岩各委員，末野将来検討委員長，神山同委幹事。

議　事：

1．佐藤委員長，神山幹事より5月9日科学技術庁当局者との懇談の模様について説明があった。

2．佐藤委員長より「地殻開発研究の推進について（素案）」が配布され，意見の交換が行なわれた。

特別講演会（昭和53年6月10日，於石油健保会館）

"Natural Resourcs Programme of UNU with special reference to the environment of Tropical Africa" について，国連大学副学長 W. マンスハルト氏の講演があった（出席者 約30名）。終了後同氏を囲み，資源問題について懇談した。懇談会出席者は坪井会長ほか11名。

地殻開発小委員会（昭和53年6月17日）

出席者：佐藤委員長，岩生，川上，虎岩各委員，末野将来検討委員長，神山同幹事。

議　事：

1．特集号の件については，本委員会での検討が更に進んだ段階で今一度検討することにした。

2．地殻開発については，関係者の意見を広く聞くことも必要であり，そのためには関係者に講演を願うこともよいという意見が出された。

3．岩生委員より地殻開発研究に関して具体的サイクルの図表（素案）が示され，これに関連し種々の意見がだされた。

4．佐藤委員長よりの「地殻開発研究の推進について（素案）」に関連して10の候補地域があげられた。

5．神山幹事より「地殻開発研究の具体的推進策（案）」が配布され，行政的な行き方についての意見が述べられた。

将来検討委員会（昭和53年6月17日）

出席者：坪井会長，末野委員長，神山幹事，岩生，尾崎，川上，佐藤(光)，虎岩，平山，湊の各委員

議　事：

1．地殻開発小委員会の審議経過について説明があつた。

2．定款検討小委員会の審議経過について説明があつた。

3．湊委員より地熱地帯における変質鉱物のサンプリング処理と，その結果を使つてボーリング地点を決める資料を得ることについて説明があつた。関連して質疑や意見が述べられた

4．東京地学協会の日中地学交流に関して幹事より提案がなされた。

地殻開発小委員会（昭和53年6月24日）

出席者：佐藤委員長，伊藤，岩生，虎岩各委員，末野将来検討委員長，神山同委幹事，諏訪彰会員

議　事：

1．諏訪彰会員から地震予知，火山噴火予知，松代地震等を中心にその経緯，現在の問題点を聞き，意見の交換を行なつた。

定款検討小委員会（昭和53年6月24日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤，湊各委員，神山将来検討委幹事。

議　事：

1．委員長より今後の日程に関し，来年秋ごろまでに成案を得たい旨説明があり，諒承された。

2．第9条以下について逐条検討が行なわれた。

日本地学史資料調査委員会（昭和53年7月1日，於国会図書館会議室）

出席者：小林委員長，石山，今井，岡山，後閑，諏訪，湊，渡辺各委員。

議　事：

1．坪井先生の口述記録は一次原稿がほぼまとまり，8月17日までに最終稿をまとめる予定。

2．欧文日本地学文献集は，原稿を完成。標題は「日本地学欧文文献集（明治45年・大正元年まで）」とした。

3．「明治前日本地学文献集」は，1858年～1868年の10年間の整理が本年内に完成の予定。

4．総目次の目録は石山委員が整理中。

5．次の口述記録について数名の候補者をあげ，検討することにした。

地殻開発小委員会（昭和53年7月7日）

出席者：佐藤委員長，伊藤，岩生，川上，虎岩各委員，坪井会長，神山将来検討委幹事。

議　事：

1．佐藤委員長より「地殻開発研究の推進について」のメモが配布され，地質だけではなく，地理学の分野，環境の面など広い視野から臨む必要について説明があった。

2．また東京地学協会が提言をする場合には，既存の機関から協力を得られるようにする必要があり，また独自の提言でなければならないという意見があった。

理事会（53年度第2回，昭和53年7月7日）

出席者：坪井会長，保柳副会長，岡山，神山各監事，片山，木村，佐藤，式，前島各理事。

議　事：（次号に掲載します．）

創立百周年記念事業実行委員会（昭和53年7月8日，於私学会館）

出席者：保柳委員長，池辺，岩生，片山，神山，川上，斎藤，虎岩，矢沢，山内，渡辺（光）。

議　事：

1．百周年記念会（昭和54年11月1日）は番町共済会館で開催の予定。

2．今後の募金の方針について審議した結果その具体的計画と実施のため，募金委員会をつくることにした。委員は以下の各氏とする。

保柳睦美，荒川洋一，池辺穣，岩生周一，川上喜代四，斎藤正次，佐藤光之助，虎岩達夫

3．記念事業の具体案は世話人会で検討し，理事会へ提出する。

定款検討小委員会（昭和53年7月10日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤各委員，神山将来委幹事。

議　事：

1．第19条以下について逐条検討が行なわれた

編集委員会（昭和53年7月1日，於私学会館）

出席者：式委員長，安斎，川上，神戸，西川，前島，前田の各委員。

議　事：

1．地学雑誌第87巻5号の編集について審議した。

2．創立百周年記念に関連した地学雑誌の編集を考えてはどうかという意見がだされた。

将来検討委員会（昭和53年7月15日）

出席者：坪井会長，末野委員長，神山幹事，伊藤（和），岩生，片山，川上，佐藤（光），虎岩各委員，渡辺武男会員。

議　事：

1．佐藤地殻開発小委員長より地殻開発研究の説明があり，アメリカの事情に関する報告があつた。

2．渡辺武男会員より地殻開発研究に関する意見が述べられ，意見がかわされた。

（資料：Geoscientific Studies and the

Potential of the Natural Environment. Report of an International Training Seminar organized by the German Commission for UNESCO. April 28–May 23, 1975 at Hannover)

3. 定款検討小委員会より監事，理事，評議員等の条項について検討がすすめられている旨の報告があった。

4. 地域開発と環境との関連により，地殻開発小委員会委員に西川治委員を委嘱したいという提案があり，承認された。

地殻開発小委員会（昭和53年7月28日）

出席者：佐藤委員長，岩生，川上，虎岩各委員，末野将来検討委員長，神山同幹事。

議事：

1. 地殻開発研究の問題点の検討を行なった。地殻開発研究については Natural Environment Utilization の考え方を導入し，当協会としては自然環境と地殻開発利用に関する総合研究とその具体的計画を検討してはどうかとの意見が出された。

新会館の建築工事進捗状況

6月1日（土）午前10時30分～12時，新会館建築現場において，坪井会長以下地学協会関係者，平山建築研究所所長，清水建設株式会社など建設関係者，テナント予定の第一建築サーヴィス株式会社関係者，近隣関係者，約50名が参集し，神官祭祀のもとにおごそかに地鎮祭がとり行なわれ，無事終了した。8月半ば現在で地下室工事が終わり，上屋建設にとりかかる段階にある。

ベッシュ教授の逝去

スイス，チューリッヒ大学，ハンス・ベッシュ(Hans H. Boesch)教授は，1978年8月16日，心筋硬塞のため急逝された。享年68歳。同教授は土地利用の研究などで著名なヨーロッパの地理学界の権威で，とくに日本に知己が多く知日家，親日家として知られる。日本に関する論説も多く，晩年は「日本」の著述に没頭されていた。長くIGU(国際地理学連合)の事務局長を勤めた。

1980年国際地理学会議（IGC）記事（6）

その後7月1日に準備委員会が開かれ，主な決定事項は次の通りである。

（1） セカンドサーキュラーについて

幹事会の原案が承認され，各委員長は担当項目についてその原稿を9月2日の幹事会に提出することになった。

（2） 登録料について　登録料が次の通り決定した。

	カテゴリー	登録料	論文発表	印刷物受領	大会・エクスカーション参加	レセプション	ファミリープログラム
A	出席会員 Attending member	30,000円	○	全部	○	○	×
B	学生会員 Student member	15,000	×	アブストラクトのみ	○	○	×
C	同伴会員 Accompanied member	15,000	×	×	○	○	○
D	非出席会員 non attending member						
	個人 Individuals	25,000	×	全部	×	×	×
	機関 Institutions	40,000	×	全部	×	×	×

学生会員には大学院生を含む。学生で論文の発表を希望する者は出席会員として登録できる。（川上記）

Journal of Geography
Vol. 87, No. 4 (826), 1978

地学雑誌 第826号 昭和53年8月20日印刷 昭和53年8月25日発行
編集兼発行者 式 正英
発行所 社団法人 東京地学協会 東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102 電話東京(261)0809番 振替口座東京 66278番
印刷所 一ツ橋印刷株式会社 東京都品川区上大崎 3-12-15

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 5 (827), 1978

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　（※近刊　▲印新刊）

各　〒 400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方鉱床帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	陸上鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
※1/200万	日本活断層図	930
▲1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組み合せ 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900

海洋地質図　各　400円

1/ 20万	(I)	[illegible]	1,680
1/ 20万	(II)	[illegible]	1,350
1/ 20万	(III)	[illegible]	1,840
1/ 20万	(IV)	[illegible]	1,630
1/ 20万	(V)	紀伊水道南方海域地質図	1,700
1/ 20万	(VI)	[illegible]	1,280
1/100万	(VII)	[illegible]	3,610
1/100万	(VIII)	[illegible]	2,000
▲1/ 20万	(IX)	[illegible]	2,350

日本油田[illegible]	(I)	[illegible]	820
〃	(II)	[illegible]	820
〃	(III)	[illegible]	820
〃	[illegible]	[illegible]	3,110 / 750
〃	(VIII)	[illegible]	1,510
〃	(IX)	[illegible]	820
〃	(X)	[illegible]	2,140
〃	(XI)	[illegible]	1,520
同　上	[illegible]		1,520

日本水理地質図　各　〒 400円

(IV)	山梨県釜無川および笛吹川流域	650
(V)	香東川・土器川・財田川流域	650
(VI)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	650
(VII)	千葉西部	650
(VIII)	奈良県大和川流域	650
(XI)	長野県松本盆地	650
(XII)	兵庫県南西部	[illegible]
(XIII)	佐賀・福岡県筑後川中流域	650
(XV)	都城盆地	650
(XVI)	仙台湾臨海地域	850
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	650
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	650
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	650
(XX)	鳥取県日野川流域	850
(XXI)	福岡県矢部川中流域	850
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,[illegible]
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,[illegible]
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,[illegible]
(XXV)	島原半島	1,510
▲(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,5[illegible]
▲(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,5[illegible]

空中磁気図　各　〒 450円

(I) 酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	[illegible]
(II) 稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	[illegible]
(VI. VII) 気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,030
(VIII. IX. X) 厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	[illegible]
(XI XII) 輪島-福井-陸奥-尻尾崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	[illegible]
(XIII) 福井-豊岡-隠岐海域	[illegible]
(XIV. XV. XVI) 豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	[illegible]
(XVII, XVIII) 天北-十勝地域	[illegible]

各　450円(ただし I, II, IIIは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 8[illegible]

日本炭田図	(I)	常磐炭田図ならびに説明書	1,7[illegible]
〃	(II)	北松	[illegible]
〃	(III)	留萌炭田大和地区	[illegible]
〃	(IV)	常磐炭田泉地域	[illegible]
〃	(V)	釧路炭田新鶴別地域	[illegible]
〃	(VI)	石狩炭田空知区東芦辺地域	[illegible]
〃	(VII)	釧路炭田北西部	[illegible]
〃	(VIII)	雨竜一留萌	[illegible]
〃	(IX)	佐世保市南西部新	[illegible]
〃	(X)	新潟県赤谷	[illegible]
〃	(XII)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	[illegible]
〃	(XIII)	天北炭田地質図	[illegible]
		天北炭田炭層対比図炭柱図	[illegible]

▲ Geology and Mineral Resources of Japan
都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
並製 3,780円



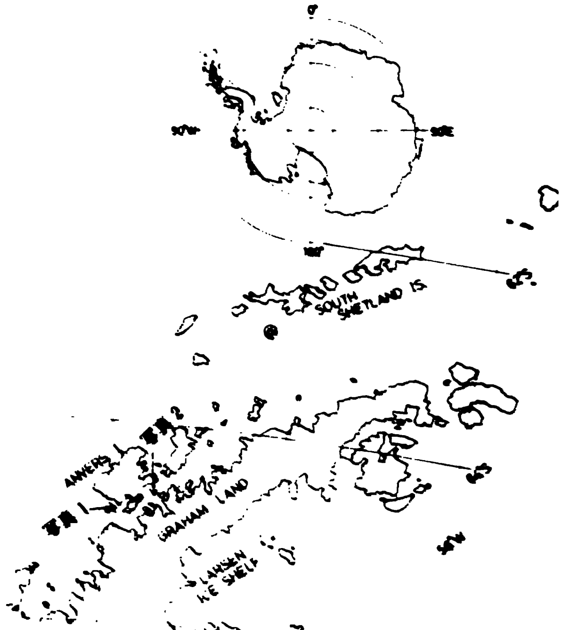
写真 1　南極半島アデレード島，山腹の氷河上の雪崩



写真 2　南極半島の開析隆起準平原

南極半島の氷河作用

Present Glaciation of the Antarctic Peninsula



南極半島は、かつてパーマー半島とかグレアムランドなどと呼ばれた。現在は北半をグレアムランド、南半をパーマーランド、全体を南極半島と称することになっている。南極主要部に比べれば、かなり北方に位置し、比較的気温は高く、降水量も多くて、いわゆる海洋性南極（Maritime Antarctica）をなしている。とくに西海岸はこの傾向が著しい。氷から解放された露岩上の植生も、地衣や蘚苔、藻類のほか、南極大陸の他の場所ではみられない顕花植物（ナンキョクコメススキ・ナンキョクミドリナデシコ）を加えてやや豊かであり、ペンギンなどの動物の種類も多い。

新期造山帯に属するとされる土地は、褶曲した古生層～中生層、これに貫入した閃緑岩や花崗岩などから、急峻な地形をつくっている。やや温暖で湿潤で大量に流入した[illegible]この地域の氷河作用を著しく[illegible]る。氷河[illegible]末端は海面で断ち切られ[illegible]昭和基地周辺の[illegible]氷河の分裂を促進[illegible]岩屑のデブリをのせた[illegible]ランドの海岸と[illegible]

写真 1 [illegible]シェルンドや雪庇[illegible]

写真 2 [illegible]半島北部の頂部に[illegible]1977[illegible] Photo by Y. Yoshi[illegible]

地学雑誌 87, 5 (1978)

超微プランクトンとその層位学的意義

西 田 史 朗*

Calcareous Nannoplankton Fossils and their Stratigraphic Meaning

Shiro NISHIDA

Abstract

Modern calcareous nannoplanktons have an important role in marine food chain as a primary producelr. Fossils nannoplankton played an important part of the Mesozoic and Cenozoic biological world, and are now accepted as a very useful and accurate index fossil from the Jurassic to Recent Period.

In this article recent advance of nannoplankton micropaleontology and biostratigraphy were briefly reviewed. And a calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Upper Cenozoic sections in Japanese Pacific coast was presented.

In the sections drastic changes of some calcareous nannoplankton species are recognized clearly; that is, the first appearances of *Reticulofenestra japonica*, *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Gephyrocapsa protohuxleyi* and *Emiliania huxleyi* in ascending order, and the disappearances of *Sphenolithus abies*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Discoaster surculus*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster brouweri*, *Cyclococcolithus macintyrei*. *Cyclolithella annula*, *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica* and *Pseudoemiliania lacunosa* in ascending order.

Based on the first appearances of these species, we can distinguish five calcareous nannoplankton zones in Japan; that is, *Reticulofenestra pseudoumbilica* Zone, *Reticulofenestra japonica* Zone, *Reticulofenestra pacifica* Zone, *Gephyrocapsa oceanica* Zone and *Emiliania huxleyi* Zone in ascending order.

Range chart of some important species and calcareous nannoplankton zonation are presented in figure 3, and a stratigraphic correlation is also shown in figure 4.

I はじめに

超微プランクトン，ナンノプランクトン (nannoplankton)，あるいは超微化石 (nannofossil) と称されている一群のグループが，近年古生物学・生層位学の上でひじょうに注目を集めている。このグループはコッコリソフォア (Coccolithophore) で代表されるが，通常のプランクトンネットでは捕集できない大凡70ミクロン以下の浮遊生物を一括して表わし，現世海洋では珪藻(Diatom)，渦鞭毛藻 (Dinoflagellata) などと共に海洋生態系における基礎生産者の位置を占めている。

ナンノ (nanno-) とはギリシャ語に由来し，倭小を意味する。したがってナンノプランクトンは，上に述べたような生物体で，浮遊生活を営むもの総てを包含し，化石となって残る硬組織として石灰質のも

* 奈良教育大学教育学部地学教室 Department of Earth Sciences, Nara University of Education, Nara, Japan

の，硅質のもの，有機質のものなどがある。化石の場合，その生態の定かでないものも少くないが，産出状況が類似し，同様の検出方法で見出されるところから，超微化石として纏められている。地史的にはトルコの二畳系から知られており (Pirini RADRIZZANI, 1971)，おそらくそれ以前に遡上るであろうが，多量に産出するのはジュラ系からである。

このグループの存在については，既に1836年に EHRENBERG がバルチック海のリューゲン島のチョーク層から，顕微鏡下で無数の特異な形態を示す石灰質の小盤を発見し，morpholiths あるいは crystalloids と呼び，無機的にできたものであろうとした。その後 HUXLEYI (1858) と WALLICH (1860) が，底質中からそれぞれコッコリス (coccoliths) とコッコスフェアー (coccospheres) を発見し，EHRENBERG の見出したものと同じものではないかと考えた。同じ頃 SORBY もイギリスのチョークから同様の形態を示すものを発見し，生物体の一部ではないかとの推論を持つに至った。一方，ディスコースター (discoaster) は，EHRENBERG (1854) により Crystalldrusen として示されたが，初めて記載したのは TAN SIN HOK (1927) である。

Coccolithophorids を主とする現生石灰質超微プランクトンの研究は，LOHMANN (1902) によって始められ，SCHILLER (1930)，KAMPTNER (1941) により分類学的研究が行なわれ，化石種を含めた集大成が DEFLANDRE (1952) によってなされた。ところがこの頃よりこの分野への電子顕微鏡の導入が始まり (BRAARUD et al., 1952 ; DEFLANDRE & FERT, 1952)，その分類に新しい局面を迎え，今日に至っている。

一方，石灰質超微化石の層位学的価値は，BRAMLETTE & RIEDEL (1954) によって指摘され，今日ではその産出量の豊富さ，汎世界的な分布，進化の著しさが広く認識され，ジュラ紀以降については浮遊性有孔虫化石を凌ぐ有力な示準化石となりつつある。換言すれば，極く少量の試料で，より精確な分帯が可能になるわけで，深海掘削計画 (DSDP-IPOD) をはじめとする底質試料や油井試料の年代決定と対比に偉力を発揮している。

本報では，超微プランクトンと超微化石の概説，研究方法と日本の上部新生界の石灰質超微化石層序を述べる。

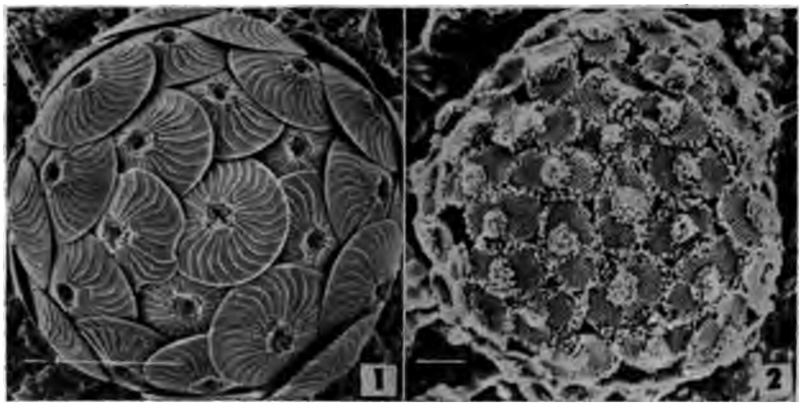
II 石灰質超微化石

石灰質ナンノプランクトン中の一大グループに，コッコリス類 (Coccolithophorids) がある。このプランクトンは単細胞で，コッコリス (coccolith) と呼ぶ数ミクロンないし大きなものでも数10ミクロンの径をもつ石灰質の盤状体を細胞の表層部にもち，2本の鞭毛で運動し光合成を行ない，多くは海生である。このコッコリスから成る球体をコッコスフェアー (coccosphere) と言う (第1図参照)。

分類上は黄色鞭毛藻綱 (Chrysophyceae)，等長鞭毛藻亜綱 (Isochrysidae)，コッコリソフォラ科 (Coccolithophoraceae) として纏められることが多いが，ハプトネマ (haptonema) と呼ばれる器官を備えることからハプト藻綱 (Haptophyceae) とする研究者もいる。また，コッコリスの形態から円石藻類と邦訳することもある。

一方，コッコリソフォリッドを動物とする考えもあって，この場合は原生動物門 (Protozoa)，有毛根足虫亜門 (Sarcomastigophora)，鞭毛虫綱 (Mastigophora)，植物性鞭毛虫亜綱 (phytomastigophora)，クリソモナス目 (chrysomonadina)，あるいは黄緑色鞭毛虫目 (Chrysomonadida)，鱗鞭毛虫亜目 (Coccolithophorida)，コッコリソヒゲムシ科 (Coccolithophoraceae) として扱っている。

国際的には1970年ローマでもたれた第2回プランクトン会議の石灰質ナンノプランクトンに関するラウンドテーブルで，植物命名規約に基づいて命名することが申し合され (FARINACCI, 1971)，キールでの第3回プランクトン会議のコッコリスに関するコンサルタントグループの会合でも再確認されている (NOËL & PERCH-NIELSEN, 1974)。



第1図　現生石灰質超微プランクトン表層水より捕集。走査電顕像

1. Heterococcoliths の例. *Cyclococcolithus leptopora* (MURRAY & BLACKMAN) KAMPTNER. NUE-FESEM-400. IW 76-126 (赤道太平洋, 9°30′S, 156°00′E). スケールバーは10ミクロン。
2. Holococcoliths の例. *Sphaerocaryptra gracillima* (KAMPTNER) THRONDSEN. NUE-FESEM-341. KH 74-4-M 60 (本州南方, 28°41.2′N, 137°28.3′E). スケールバーは1ミクロン。

このグループは光合成を行なう自栄養型生物 (autotrophs) で，当然のことながら海洋生態系における第一次生産者の位置を占める。生体は球形，楕円形の嚢状体，あるいはタイルを並べたような紐状のコッコスフェアー (coccosphere) を形成しているが，死後は細胞質の分解に伴なって急速にコッコリス (coccoliths) に分離して沈下してゆく(第2図参照)。

コッコリスを形成する方解石 (calcite) の結晶が単一か，複数かにより，ホロコッコリス (holococcoliths) とヘテロコッコリス (heterococcoliths) に区別されている。堆積物中から見出されるのはヘテロコッコリスで，ホロコッコリスは化石となってほとんど発見されない。

コッコリソフォリッド以外の石灰質超微プランクトンには，現生・化石群集を通じて分類上の位置の不明なものが少くない。その代表的なものにディスコースター (*discoaster*) がある。ディスコースターは石灰質の放射状の構造体で，第三紀を通じて出現し，鮮新世末で消滅するグループである。形態が単純な上に変化が著しく，光学顕微鏡下でも容易に識別できるところから，第三紀の有力な示準化石となっている。しかし，コッコリスなどと共に産出すること，炭酸カルシウムより成ること以外に，その分類上の位置は全く分っていない。現生のものではセラトリサス (*Ceratolithus*) のグループがある。

このように化石種の分類に当っては，形態に重きを置かざるを得ない現状で，多くの問題を抱えている。

III　研究の方法

石灰質超微化石の検出は，チョークあるいは石灰質堆積物から容易に行なうことができる。我国にはほとんど存在しないが，チョークの場合ナイフで削り落した粉末をスライドグラスにとり，水あるいはカナダバルサムあるいはセダックスで封入して光学顕微鏡下で観察する。もちろん，何らの処理も施していないから，雑多な夾雑物があり観察が困難なことが多い。このような場合，他の微化石と同じように精製・濃集処理が必要である。

石灰質超微化石の精製・濃集処理は，他の微化石にくらべ簡単であるが，できるだけ化学的な操作を避けることが要点である。処理は微粉末の懸濁水をつくり，ビーカーなどの容器中で放置し，その上液をストローなりスポイトで分取する方法 (STRADNER & PAPP, 1962) と，以下の処理法がある (西田，1975)。



第2図 底質中の石灰質超微プランクトン 精製処理後の走査電顕像。スケールバーは1ミクロン

1. フィリッピン海底質中の現世遺骸群集。NUE-SEM-0-518. GDP-8-10 (駒橋第二海山, 29°51.6′N, 133°19.8′E, 水深1,460m)。a : *Emiliania huxleyi*, b : *Gephyrocapsa oceanica*, c : *Cyclococcolithus leptopora*, d : *Helicopontosphaera kamptneri*, e : *Umbilicosphaera mirabilis.*
2. フィリッピン海底質中の鮮新世中期化石群集。NUE-SEM-0-530. GDP-8-12 (駒橋第二海山, 29°55.6′N, 133°18.5′E, 水深2,250m) A : *Discoaster pentaradiatus*, B : *Coccolithus pelagicus*, C : *Sphenolithus abies*, D : *Cyclococcolithus leptopora*, E : *Cyclococcolithus macintyrei*, F : *Reticulofenestra pseudoumbilica*, G : *Reticulofenestra japonica.*

1) 試料の粉砕──→2) 5% Potassium Hydroxide＋2% Hexametaphosphate に24時間浸漬──→3) 超音波処理 (28kHz, 150w, 10秒)──→4) 水洗──→5) 遠心沈澱 (90G, 5秒, 上液)──→6) 遠心沈澱 (350G, 25秒, 沈澱)。

6) の操作は上液が完全に透明になるまで，純水を加えて繰返す。

前者の方法は時間もかからず，器具もあり合せのものでよいが，濃集度が低く超微化石表面のクリーニングが完全でなく，光学顕微鏡下の観察には差支えないが，電子顕微鏡試料としては使いづらい。

精製・濃集した試料は，従来はカナダバルサムもしくはセダックスで封入し，偏光または干渉顕微鏡下で，あるいはカーボンレプリカを作り透過電子顕微鏡下で観察してきた。しかし光学顕微鏡では充分な分解能が得られず，一方カーボンレプリカの技術がひじょうに煩わしいので，最近では濃集した試料に金あるいは白金などの薄膜で被覆し，走査電子顕微鏡下で識別・計数するようになってきた。鏡下では超微化石の識別・計数と同時に，石灰質物の沈着あるいは溶解などの化石表面の状態を観察する。観察個体数は全部で300個体以上になるまで続ける。

IV 超微化石層序

BRAMLETTE & RIEDEL (1954) が石灰質超微化石の地質学的意義を強調して以来，生層位学的にも注目されるようになり，ERICSON et al. (1963) が大西洋とインド洋の深海コア試料に基づいて，鮮新世・更新世の境界を示すものの一つとして discoasters の絶滅をあげてから，研究に一段と拍車がかかる。SULLIVAN (1964) はある種の超微化石が，堆積環境を示す指示者となることを指摘し，McINTYRE & BE (1967) は大西洋で，表層水と底質中のナンノプランクトンの分布から気候変遷を論じた。

生層位学的分帯の試みは BRÖNNIMAN & STRADNER (1960) に始まる。HAY et al. (1967) はメキシ

コ湾とカリブ海沿岸の新生界の石灰質超微化石層序をたてた。また MARTINI (1970) と MARTINI & WORSLEY (1970) は，古第三紀と新第三紀・第四紀における石灰質超微化石の出現と消滅を基準にとった標準区分を提案し，NP (Paleogene Nannoplankton Zone) と NN (Neogene Nannoplankton Zone) を付して，古第三系を25帯，新第三系・第四系を21帯に分けた。一方 BUKRY (1973) は分帯の基準として，ある種の出現・消滅に加えて，豊産の始期と終期を考慮に入れ，低緯度帯で上部白亜系以上を37帯に分けている。

両者とも光学顕微鏡によって容易に同定できる超微化石のみを示標種として選んでいるとは言え，分類上，観察上あるいは地理的分布の上から多くの問題を残している。しかしながら大筋では是認され，これらの分帯と古地磁気層序や浮遊性有孔虫分帯との対応も試みられ (GARTNER, 1969 & 1973)，絶対年代も数個所で目盛られるようになってきている。

V　本邦上部新生界の石灰質超微化石層序

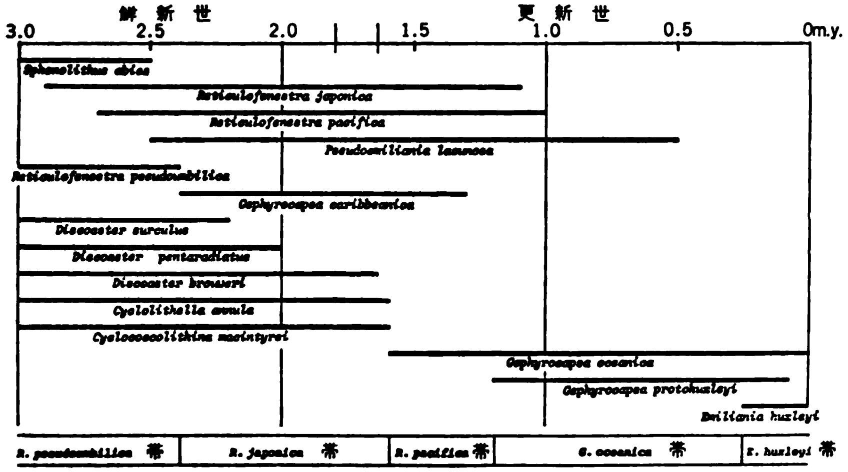
我国での Coccolithophorids の報告は，YABE & HANZAWA (1925) の沖縄南方の底質中，HANZAWA (1925) の島尻層群からの発見に始まるが，詳しい記載はない。また HANZAWA (1935) は discoasters の存在を島尻層群から報告している。

最近では TAKAYAMA (1967)，高山・小畠 (1968)，高山 (1973)，高山・池野 (1976)，NISHIDA (1969, 1970, 1971 & 1977)，西田 (1971, 1972, 1973 & 1977)，UCHIO (1974a & 1974b)，内尾 (1975) らが生層位学的な面から，おもに上部新生界を扱っている。

ここでは本邦上部新生界の石灰質超微化石層序について，筆者の見解を中心に纏めてみた。対象としたのは太平洋側では，犬吠層群・上総層群・相良層群・掛川層群・唐ノ浜層群・宮崎層群と島尻層群，日本海側では大桑層・姿層・藪田層・虫崎層・崎山層・貿場層と灰爪層である。これらは総て日本の代表的な上部新生界とされてきたものであり，層位学的・生層位学的に多くの研究がなされており，そのうちのいくつかは古地磁気層位学的な検討もなされてきている。

これらの海成層からは，おおよそ60種以上の石灰質超微化石が産出するが，分類上の再検討を要するものも少なくない。しかし，それらの中で卓越的に産出する種類や，一連の層序の中で初めて出現する種は限られている。

対象とした層序の中でみられる石灰質超微化石群の顕著な変化は，古いものから順に次の通りである。



第3図　本州太平洋側・琉球列島上部新生界でのおもな石灰質超微プランクトン化石の分布と分帯

Pseudoemiliania lacunosa (KAMPTNER) の出現
Sphenolithus abies DEFLANDRE の消滅
Reticulofenestra pseudoumbilica (GARTNER) の消滅
Gephyrocapsa caribbeanica BOUDREAUX & HAY の出現
Discoaster brouweri TAN SIN HOK の消滅
Gephyrocapsa oceanica KAMPTNER の出現
Gephyrocapsa protohuxleyi MCINTYRE の出現
Reticulofenestra japonica (NISHIDA) の消滅
Reticulofenestra pacifica NISHIDA の消滅

さらに陸上では確認されていないが

Pseudoemiliania lacunosa (KAMPTNER) の消滅
Emiliania huxleyi (LOHMANN) の出現が上げられる。

以上の組合せにより下位から *Reticulofenestra pseudoumbilica* 帯, *Reticulofenestra japonica* 帯, *Reticulofenestra pacifica* 帯, *Gephyrocapsa oceanica* 帯, *Emilianiahuxleyi* 帯の5超微化石帯に分帯でき, さらに細分することも可能である。上の分帯の境界は, 特定種の初出現を基準としている。

***Reticulofenestra pseudoumbilica* 帯**——この帯の下限は確定できないが, 上限は *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現までで, これに先立って多くの地域で *Sphenolithus abies* が消滅し, *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現と入換りに *Reticulofenestra pseudoumbilica* が消滅する。この帯の上部で *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica*, *Pseudoemiliania lacunosa* が順次に出現する。

この帯は下位から *Reticulofenestra japonica* の出現, *Reticulofenestra pacifica* の出現, *Pseudoemiliania lacunosa* の出現と *Sphenolithus abies* の消滅に着目すれば, さらに4亜帯に区分できる。第1亜帯に相当するものとして相良層群・島尻層群与那原層下部, 第2亜帯として宮崎層群田野層・綾層・妻層下部, 第3亜帯として島尻層群与那原層上部・宮崎層群佐土原層が上げられる。

この帯では上記の超微化石のほかに *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER, *Cyclococcolithus macintyrei* BUKRY & BRAMLETTE, *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK, *Discoaster pentaradiatus* TAN SIN HOK, *Discoaster surculus* MARTINI & BRAMLETTE, *Helicopontosphaera kamptneri* HAY & MOHLER が一般的に共存する。

***Reticulofenestra pseudoumbilica* 帯と *Reticulofenestra japonica* 帯の境界**——*Gephyrocapsa caribbeanica* の初出現の層準を基準とする。*Gephyrocapsa caribbeanica* の出現と入換りに, *Reticulofenestra pseudoumbilica* が消滅する。この層準では *Gephyrocapsa caribbeanica* は産出頻度が小さく分布も限られるが, *Reticulofenestra pseudoumbilica* は *Reticulofenestra pseudoumbilica* 帯ではふつう5～30%の産出頻度を占めるので, その消滅は確認しやすい。この時期は GARTNER (1973) によると, 赤道太平洋で2.4M.Y. と見積られている。これは MCELHINNY (1973) では, ガウス正磁極期とマツヤマ逆磁極期の境界 (2.43M.Y.) の直前に相当する。

***Reticulofenestra japonica* 帯**——*Gephyrocapsa caribbeanica* の出現, または *Reticulofenestra pseudoumbilica* の消滅から *Gephyrocapsa oceanica* の初出現までの層準を示す。

この帯の中で下位より *Discoaster surculus*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster brouweri* が順次に消滅するが, 産出頻度が小さいためその層準を確定することは困難である。上記の *Discoaster* の各種の消滅の層準より, 本帯はさらに4亜帯に区分できる。

第1亜帯は島尻層群与那原層上部, 第2亜帯は島尻層群早町層, 第3亜帯は掛川層群堀ノ内層下部・唐ノ浜層群登層, 第4亜帯は島尻層群新里層・犬吠層群名洗層；上総層群黒滝層・島尻層群早町層最上部などに見出される。

この帯を通じて一般的な超微化石は，*Coccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus macintyrei*, *Cyclolithella annula* (COHEN) MARTINI & BRAMLETTE, *Pseudoemiliania lacunosa*, *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica* などである。

***Reticulofenestra japonica* 帯と *Reticulofenestra pacifica* 帯の境界**――*Gephyrocapsa oceanica* の初出現の層準を基準とする。赤道地域では *Gephyrocapsa oceanica* の出現の前に *Discoaster brouweri* の消滅が明瞭に確認できるので，*Discoaster brouweri* の消滅をもって鮮新統・更新統の境界としている。しかし中緯度地帯では *Discoaster brouweri* が豊産しないため，確固とした基準になり難い。GARTNER (1977) によると *Discoaster brouweri* の消滅は，赤道太平洋では Orduvai Event 末，すなわち1.65M.Y. と考えられている。

Gephyrocapsa oceanica の初出現は *Discoaster brouweri* の消滅よりやや後れ，両種の産出しない層準が，掛川層群堀ノ内層上部・唐ノ浜層群穴内層下部・島尻層群早町層最上部・島尻層群新里層にみられる。

***Reticulofenestra pacifica* 帯**――*Gephyrocapsa oceanica* の初出現から *Gephyrocapsa protohuxleyi* の初出現までの層準を示す。

この帯の中で *Gephyrocapsa caribbeanica* が消滅する。これを境として２亜帯に区分できる。

下位の第１亜帯は犬吠層群飯岡層最下部・上総層群の黄和田層より上部・掛川層群堀ノ内層上部・宮崎層群高鍋層上部・琉球層群知念層・島尻層群横原層が，第２亜帯には犬吠層群飯岡層中部・掛川層群土方層が相当する。

この帯を通じて一般的にみられる超微化石は，上記のもののほかに *Coccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus leptopora*, *Helicopontosphaera kamptneri*, *Pseudoemiliania lacunosa*, *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica* などがある。

***Reticulofenestra pacifica* 帯と *Gephyrocapsa oceanica* 帯の境界**――*Gephyrocapsa protohuxleyi* の初出現の層準を基準とする。MCINTYRE (1970) によると *Gephyrocapsa protohuxleyi* の初出現は1.2 M.Y. とされている。この値は大西洋で出されたものであり，光学顕微鏡下での識別が困難なため追証がおくれているが，我国では犬吠層群飯岡層上部・大桑層・灰爪層などより産出し，更新統下部を示す示標種となる。

***Gephyrocapsa oceanica* 帯**――*Gephyrocapsa protohuxleyi* の初出現から *Emiliania huxleyi* の初出現までを指す。

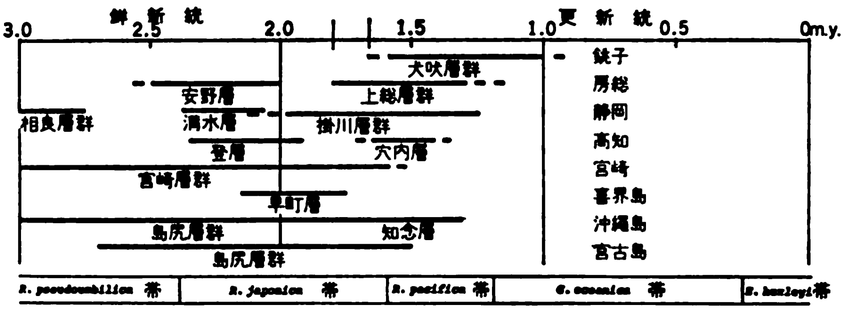
この帯の中で下位より *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica*, *Pseudoemiliania lacunosa* の順に消滅する。したがってこれらの消滅を境として４亜帯に区分することが可能であるが，我国の陸上セクションでは充分確認されていない。*Reticulofenestra japonica* と *Reticulofenestra pacifica* はおそらく Jallamilo Event の近辺で消滅したと思われる。また GARTNER (1977) によると *Pseudoemiliania lacunosa* の消滅は0.44M.Y., *Emiliania huxleyi* の初出現は0.27M.Y. とされている。

第１亜帯は犬吠層群飯岡層上部・大桑層上部にみられ，灰爪層からも *Gephyrocapsa protohuxleyi* が産出するが，産出状況が悪く亜帯の確定は難かしい。

この帯より多産するものとして *Coccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus leptopora*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Helicopontosphaera kamptneri*, *Pontosphaera japonica* がある。

VI　石灰質超微化石による対比

我国の上部新生界で，石灰質超微化石の知られているものについて整理すると，第４図のようにまとめられる。この対比表は，それぞれのセクションにおける最近の浮遊性有孔虫に基づく生層序，古地磁気層序やまたフィッショントラック法などにより得られた絶対年代目盛と考え合せても，大きな矛盾はない。



第４図　本州太平洋側・琉球列島上部新生界の石灰質超微プランクトン化石による対比

VII　まとめにかえて

石灰質超微化石による生層序を中心に述べたが，終に当り超微プランクトン研究の重要さを強調したい。

我国は四面を海に囲まれているだけでなく，世界の海洋に活躍する水産国でもある。現生超微プランクトンの主体は，光合成を行なう Coccolithophorids であり，海洋生態系における基礎生産者の一つである。TEIXERA & TUNDISI (1967) によると，赤道大西洋では光合成プランクトンの約半分を占める。現生群集の個体数も暖流系で海水１l 当り 1×10^3～5×10^4 個 (西田，1977)，寒流系では同じく 1×10^5～6×10^5 個にも達する (岩井・西田，1967)。ところがこの種のプランクトンの研究のおくれは，我国の最新のプランクトン図鑑を繙いてみれば明らかであろう。

世界有数の海洋国・水産国であり，電子顕微鏡の有力な生産国であり普及した我国において，是非この種の基礎的研究の展開が望まれる。また我国の地質関係者，とりわけ石油地質関係者の一層の関心を喚起したい。

文　献

BRAARUD, T. & E. NORDLI (1952) : Coccoliths of *Coccolithus huxleyi* seen in an electron microscope. *Nature*, **170**, 361.

BRAMLETTE, M. N. & W. R. RIEDEL (1954) : Stratigraphic value of discoaster and some other microfossils related to recent coccolithophores. *Jour. Paleont.*, **28**, 384–403, pls. 38–39.

BRÖNNIMAN, P. & H. STRADNER (1960) : Die Foraminiferen- und Discoasteriden-zonen von Kuba und ihre interkontinentale Korrelation. *Erdoel Z.*, **76**, 364–369.

BUKRY, D. (1973) : Coccolith stratigraphy, eastern equatorial Pacific, Leg 16, Deep Sea Drilling Project. *Initial Rept., DSDP.*, **16**, 653–711.

DEFLANDRE, G. (1952) : Classe de Coccolithophoridés In : GRASSE, P. P. (Ed.) *Traité de Zoologie*. **1-1**, 439–470.

DEFLANDRE, G. & C. FERT (1952) : Sur la structure fine de quelques coccolithes fossiles observés an microscope électronique ; Signification morphogénétique et application á la systématique. *Acad. Sc., C. R.*, **234**, 2100–2102.

EHRENBERG, C. G. (1836) : Bemerkungen über feste mikroskopische, anorganische Formen in den erdigen und derben Mineralien. *Ber. Dtsch. Ak. Wiss., Jg. 1836*, 84–85.

——(1854) : Mikrogeologie. Leopold Voss, Leipzig, 344pp. 40pls.

ERICSON, D. B., EWING, M. & G. WOLLIN (1963) : Pliocene-Pleistocene boundary in deep-sea sediments. *Science*, **139**, 727–737.

FARINACCI, A. (1971) : Round table on calcareous nannoplankton, Roma, Sept. 23–28, 1970. *Proc. II Plankton. Confr. Roma, 1970*, **2**, 1343–1369.

GARTNER, S. (1969) : Correlation of Neogene planktonic foraminifer and calcareous nannoplankton zones. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 19, 585-599.

——(1973) : Absolute chronology of the late Neogene calcareous nannofossil succession in the Equatorial Pacific. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 84, 2021-2034.

——(1977) : Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Mar. Micropal.*, 2-1, 1-25.

HANZAWA, S. (1925) : Globigerina marl and other foraminiferous rocks, underlying the raised coral reef formation of Okinawa-jima (the Riukiu Islands). *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, 4, 33-45.

——(1935) : Topography and geology of the Riukiu Islands. *Sci. Rept. Tohoku Univ., 2nd ser.*, 17, 1-59, 15pls.

HAY, W. W., MOHLER, H. P., ROTH, P. H., SCHMIDT, R. R., & J. E. BOUDREAUX (1967) : Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean Antillean area and transoceanic correlation. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 17, 428-480.

岩井恒夫・西田史朗(1976)：北太平洋における現生コッコリソフォリーデの分布. NOM（大阪微化石研究会誌), 5, 1-11.

KAMPTNER, E. (1941) : Die Coccolithineen der Südwestkuste von Istrien. *Naturhist. Mus. Wien, Ann.*, 51, 54-149, pls. 1-15.

LOHMANN, H. (1902) : Die Coccolithophoridae, eine Monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Mittelmeerauftriebs. *Arch. Protistenk.*, 1, 89-165, pls. 4-6.

MARTINI, E. (1970) : Standard Paleogene calcareous nannoplankton zonation. *Uature*, 226, 560-561.

MARTINI, E. & T. WORSLEY (1970) : Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *ibid.*, 225, 289-290.

MCELHINNY, M. W. (1973) : Paleomagnetism and plate tectonics. Cambridge Univ. Press.

MCINTYRE, A. (1970) : *Gephyrocapsa protohuxleyi* sp. n., a possible phyletic link and index fossil for the Pleistocene. *Deep Sea Res.*, 17, 187-190.

MCINTYRE, A. & A. W. H. BE (1967) : Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean-I. Placoliths and Cyrtoliths. *ibid.*, 14, 561-597, pls. 1-12.

西田史朗(1971)：日本海沿岸新第三系の石灰質超微化石. 奈教大紀, 20-2, 71-89, 1 pl.

——(1972)：わが国の上部新生界におけるナンノプランクトン層序（能登半島およびその基部のものを中心として). 石技誌, 37-7, 403-410.

——(1973)：南西諸島上部新生界石灰質超微化石群の予察的研究. 地質論集, 8, 65-75.

——(1975)：超微化石と走査型電子顕微鏡. NOM（大阪微化石研究会誌), 3, 1-15.

——(1977a)：南関東下部更新統の石灰質超微化石層序. 奈教大紀, 26-2, 19-38.

——(1977b)：Coccolithophorids における現生群集と現世底質群集（予報). NOM（大阪微化石研究会誌), 6, 5-17.

NISHIDA, S. (1969) : Nannofossils from Japan I. Miocene discoasters from Noto. *Trans. proc. Palaeont. Soc. Japan. N. S.*, 75, 136-152, pls. 15-17.

——(1970) : Nannofossils from Japan Ⅲ. Coccolithophorids from Noto, Central Japan. *Bull. Nara Univ. Educ.*, 19-2, 119-130, 3pls.

——(1971) : Nannofossils from Japan Ⅳ. Calcareous nannoplankton fossils from the Tonohama Group, Shikoku, Southwest Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, 83, 143-161, pls. 16-18.

——(1977) : Late Cenozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy in Japan. *Proc. Ist Internal. Congr. Pacific Neogene Stratigraphy, Tokyo, 1976.* 376-378.

NOËL, D. & K. PERCH-NIELSEN (1974) : Report on the consultant group on calcareous nannoplankton, Kiel, September 5-7, 1974. *Arch. Sc. Genève*, 28, 237-262.

PIRINI, C. (1971) : Coccoliths from Permian deposits of Eastern Turkey. *Proc. II Plankton. Confr. Roma, 1970.* 2, 993-1001, 3pls.

SCHILLER, J. (1930) : Coccolithineae. in : RABENHORST, L., Kryptogamen Flora. Leipzig, 10-2, 89-267.

SORBY, H. C. (1861) : On the organic origin of the so-called "Crystalloids" of the chalk. *Ann. Nat. Hist., Ser. 3*, 8, 193-200.

STRADNER, H. & A. PAPP (1962) : Tertiäre Discoasteriden aus Österreich und deren stratigraphische Bedeutung. *Jb. Geol. B. A. Sonderband* 7, 5-159, pls. 1-42.

SULLIVAN, F. R. (1964) : Lower Tertiary nannoplankton from the California Coast Range. I. Paleocene. *Calif. Univ., Publ. Geol. Sci.*, 44-3, 163-228, pls. 1-12.

高山俊昭(1973)：本邦新生界最上部における石灰質ナンノプランクトン化石の分布について．地質論集，8，45-63.

TAKAYAMA, T. (1967) : First report on nannoplankton of the Upper Tertiary and Quaternary of the Southern Kwanto Region, Japan. *Jb. Geol. B. A.*, 110, 169-198, pls. 1-10.

高山俊昭・小畠郁生(1968)：白亜系双葉層群よりナンノプランクトンの発見．地質雑，74-3，187-189.

高山俊昭・池野紀男(1977)：房総半島養老川ルートにおける石灰質ナンノ化石群集の時代的変遷．藤岡教授退官記念論集，413-424.

TAN SIN HOK (1927) : Over de samenstelling en het onstaan van krijt- en mergelgesteenten van de Molukken. *Jaarb. van Het Mijiw. in Nederl. Oost-Indie, 1926*, 1-165, 16pls.

TEIXERA, C. & J. TUNDISI (1967) : Primary production and phytoplankton in equatorial waters. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribbean*. 17, 884-891.

内尾高保(1975)：裏日本油田地帯"鮮新統"の石灰質ナンノプランクトン化石層序．その１：新潟油田．石技誌，40-4，155-165.

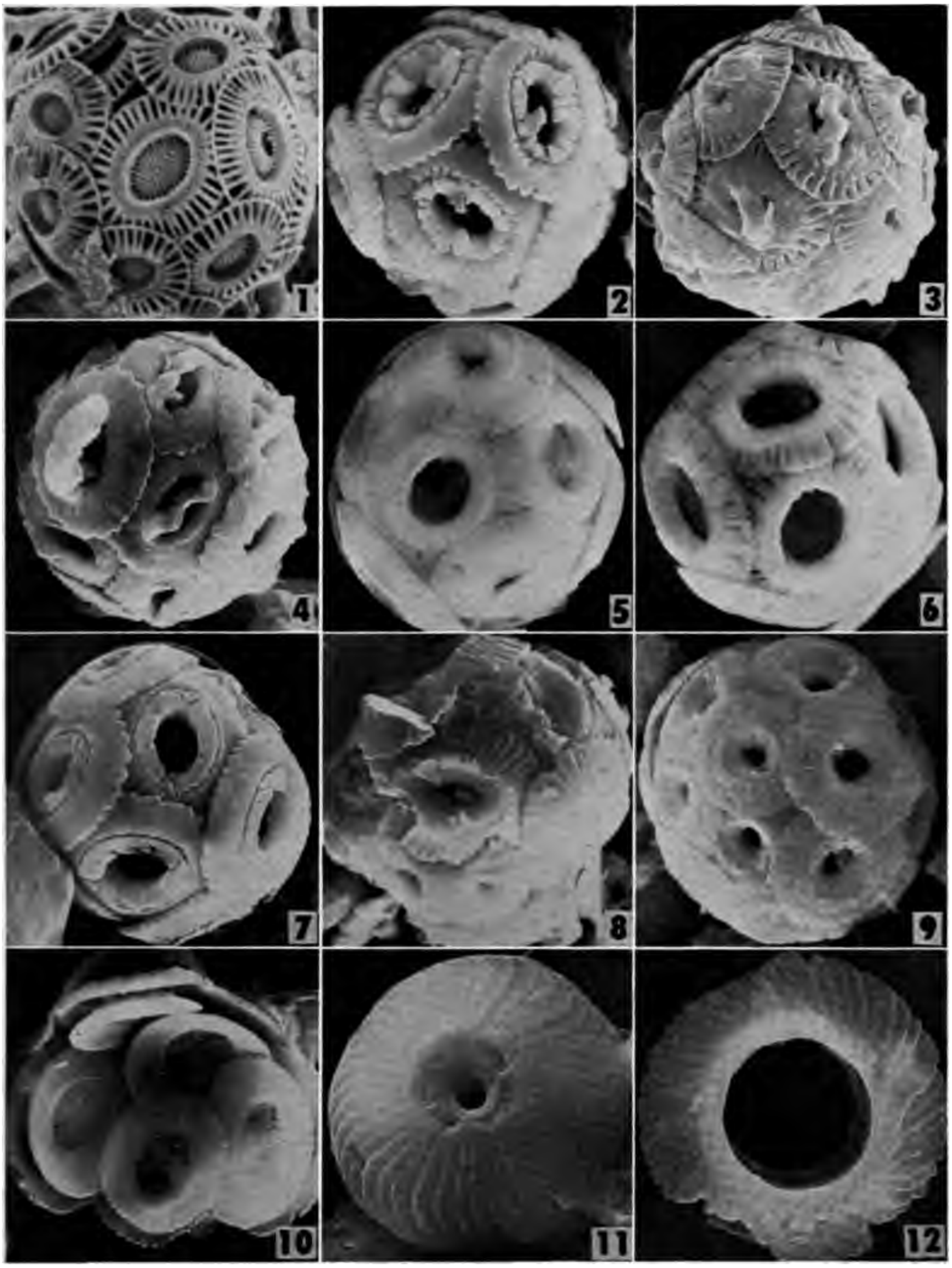
UCHIO, T. (1974a) : Tertiary nonnoplankton stratigraphy of Sado Island, Niigata Prefecture, and a proposal of the *Braarudosphaera bigelowi-Coccolithus pelagicus* Zone for the Pliocene of Japanese Oil Fields of Japan Sea Side. *Rept. Geol. Surv. Japan*, 250-1, 235-254, 10pls.

——(1974b) : *Coccolithus pelagicus-Braarudosphaera bigelowi* Zone : An useful nannoplankton zone of the Pliocene of Japanese Oil Fields. *Bull. Geol. Surv. Taiwan*. 24, 13-30.

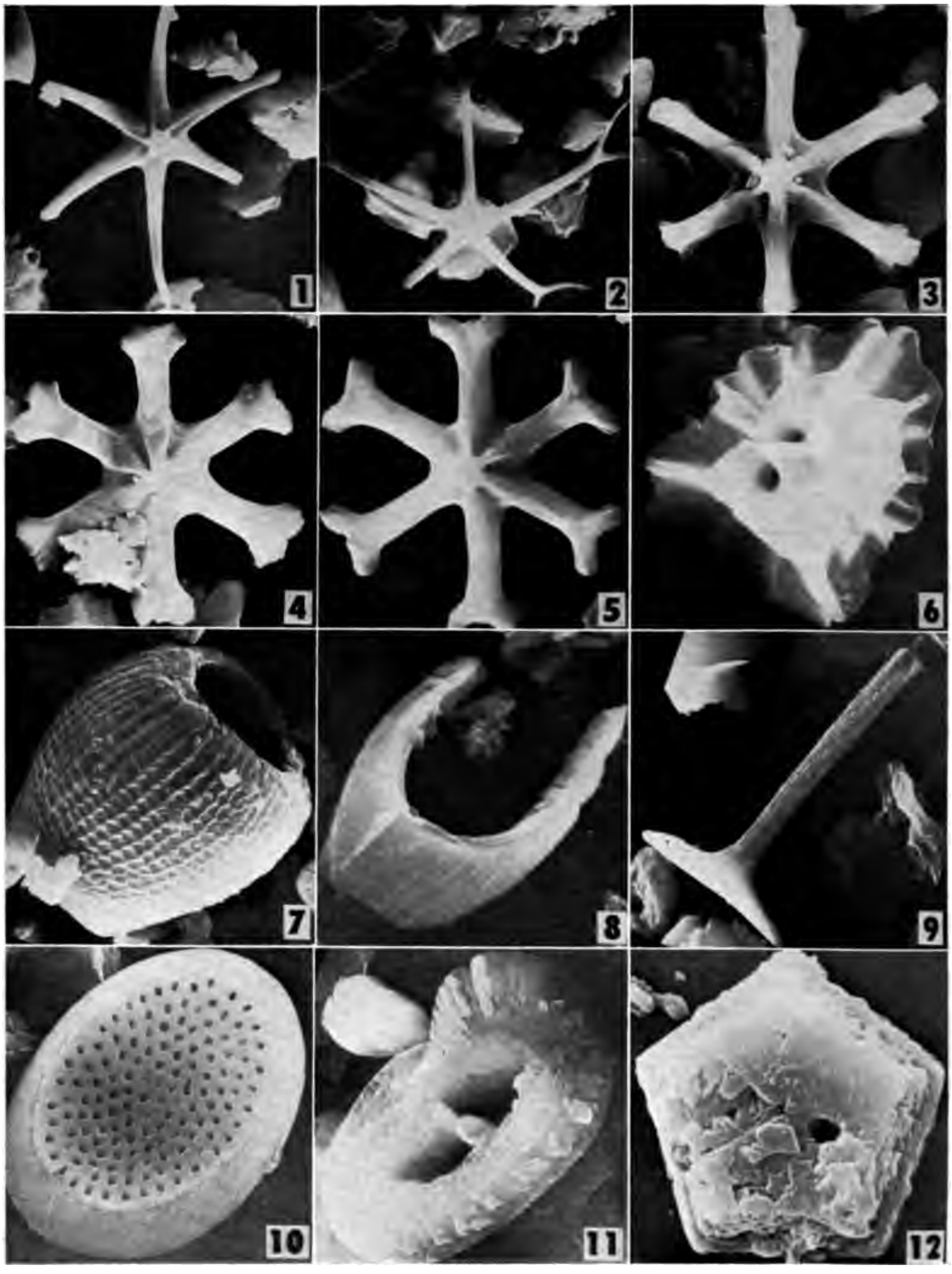
WALLICH, G. C. (1860) : Results of sounding in the North Atlantic. *Ann. Nat. Hist., Ser. 3*, 6, 457-558.

YABE, H. & S. HANZAWA (1925) : Globigerina ooze from the sea lying south of Okinawa-jima (the Riukiu Islands). *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, 4, 47-54.

(1978年6月21日受理)



図版 I



図版 II

図版 I 石灰質超微プランクトン化石

1. ***Emiliania huxleyi*** (LOHMANN) HAY & MOHLER
NUE-FESEM-026, 表層水, KH-72-2-M60, 本州南方. 1 : 6,000.
2. *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER
NUE-SEM- -406 上総層群笠森層, BY-2, 房総. 1 : 8,000.
3. *Gephyrocapsa protohuxleyi* MCINTYRE
NUE-SEM-7-648 中越層群灰爪層, N-28, 新潟. 1 : 6,300.
4. *Gephyrocapsa caribbeanica* BOUDREAUX & HAY
NUE-SEM -951. 唐ノ浜層群穴内層, KC-60, 高知. 1 : 12,000.
5. *Reticulofenestra pacifica* NISHIDA
NUE-SEM-2-036. 島尻層群早町層, KI-14, 喜界島. 1 : 8,8000.
6. *Pseudoemiliania lacunosa* (KAMPTNER) GARTNER
NUE-SEM-2-035. 島尻層群早町層 KI-14, 喜界島1. : 7,200.
7. *Reticulofenestra japonica* (NISHIDA) NISHIDA
NUE-SEM-2-685. 島尻層群与那原層, OK-50, 沖縄. 1 : 8,800.
8. *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER
NUE-SEM-1-255. 掛川層群堀ノ内層, S-121, 静岡. 1 : 2,700.
9. *Umbilicosphaera mirabilis* LOHMANN
NUE-SEM-1-413 上総層群柿ノ木台層, BY-9, 房総. 1 : 4,000.
10. *Reticulofenestra pseudoumbilica* (GARTNER) GARTNER
NUE-SEM-2-708. 島尻層群与那原層, OK-63, 沖縄. 1 : 4,800.
11. *Cyclococcolithus macintyrei* BUKRY & BRAMLETTE
NUE-SEM-2-674. 島尻層群与那原層, OK-48, 沖縄. 1 : 5,300
12. *Cyclolithella annula* (COHEN) MCINTYRE & BE
NUE-SEM-1-841. 豊岡層群安野層, BO-23, 房総. 1 : 9,300.

図版 II

1. *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK
NUE-SEM-2-551. 島尻層群与那原層, OK-19, 沖縄. 1 : 3,400
2. *Discoaster pentaradiatus* BRAMLETTE & RIEDEL
NUE-SEM-2-020 島尻層群早町層, KI-6, 喜界島. 1 : 2,900.
3. *Discoaster surculus* MARTINI & BRAMLETTE
NUE-SEM-2-684. 島尻層群与那原層, OK-50, 沖縄. 1 : 4,600.
4. *Discoaster variabilis* MARTINI & BRAMLETTE
NUE-SEM-1-340. 宮崎層群妻層, MY-30, 宮崎. 1 : 4,400.
5. *Discoaster challengeri* BRAMLETTE & RIEDEL
NUE-SEM-2-434. 島尻層群与那原層, OK-8, 沖縄. 1 : 5,500.
6. *Sphenolithus abies* DEFLANDRE
NUE-SEM-2-154. 島尻層群与那浜層, MK-10, 宮古島. 1 : 14,500.
7. *Scyphosphaera apsteini* LOHMANN
NUE-SEM-1-887. 唐ノ浜層群登層, KC-11, 高知. 1 : 3,200.
8. *Ceratolithus rugosus* BUKRY & BRAMLETTE
NUE-SEM-1-273 掛川層群土方層, S-137, 静岡. 1 : 5,600.
9. *Rhabdosphaera clavigera* MURRAY & BLACKMAN
NUE-SEM-1-872 唐ノ浜層群登層 KC-6, 高知. 1 : 5,400.
10. *Pontosphaera discopora* SCHILLER
NUE-SEM-2-139 島尻層群与那浜層, MK-7, 宮古島. 1 : 5,800.
11. *Helicopontosphaera sellii* BUKRY & BRAMLETTE
NUE-SEM-2-038 島尻層群早町層, KI-16, 喜界島. 1 : 6,900.
12. *Braarudosphaera bigelowi* (GRAN & BRAARUD) DEFLANDRE
NUE-SEM-7-644 中越層群灰爪層, N-26, 新潟. 1 : 5,000.

注：図版の縮尺は原図の約 4 分の 3

関東大地震による旧横浜市内の木造家屋全壊率と地盤との関係

松 田 磐 余* 和 田 諭** 宮 野 道 男***

The Relation between Subsoil Condition and the Collapse Rate of Wooden Houses due to the Great Kanto Earthquake of 1923 in Yokohama City

Iware MATSUDA, Satoru WADA and Michio MIYANO

Abstract

The relation between subsoil condition and the collapse rate of wooden houses has been examined in Yokohama City where was severely damaged by the Great Kanto Earthquake in 1923. The authors have made a landform classification map (Fig. 1), a geologic section in the coastal lowland (Fig. 2), a contour map showing the basal landform of the post-Würm deposits (Fig. 3) and a distribution map of the collapse rate of wooden houses (Fig. 4) in order to provide themselves with the basic data for analysing the relation. The following results have been obtained from the statistical and the seismologic engineering analyses on these figures and many bore hole records used to construct Figs. 2 and 3.

(1) The relation between the collapse rate (P %) of wooden houses and the thickness (X meter) of the post-Würm deposits excluding Basal Gravel (BG; cf Fig. 2) is shown in Fig. 5. The regression line of

$$P=2.7X-17.2$$

with the correlation coefficient of 0.76 has been derived from a method of least squares.

(2) After classifying the post-Würm deposits into seven parts of X_1 (uppermost deposits; mainly filled up soils), X_2 (humus), X_3 (clayey deposits with N-value of 5 or less), X_4 (clayey deposits with N-value of 6 or more), X_5 (sandy deposits with the N-value of 10 or less), X_6 (sandy deposits with the N-value of 11 or more) and X_7 (sand and gravel), the collapse rate (Pc %) of wooden houses has been related to the thickness of each of these seven parts by means of multiple regression analysis. As a result, the equation with the multiple regression coefficient of 0.87,

$$Pc=-0.99-2.05X_1+3.30X_2+2.33X_3+1.42X_4+1.99X_5+2.33X_6-0.05X_7$$

has been obtained (Fig. 6).

(3) On the basis of the results of frequency response analysis, the relations among the period and the value of the maximum response magnification factor and the collapse rate of wooden houses have been examined. As a result, it has been clarified that the collapse rate of wooden houses is largely determined by the period of the maximum response magnification factor rather than the value of that (Figs. 9 and 10).

* 東京都立大学理学部地理学教室 Tokyo Metropolitan University
** 東急不動産株式会社 Tokyu Land Cooperation Co. Ltd
*** 東京都立大学大学院工学研究科 Graduate School of Tokyo Metropolitan University

I まえがき

mic microzoning の目的は，地震に対す
度，それも第1次被害の危険度の地域的差
確にすることにあると考えられる。この危
，都市に存在する各施設それぞれの地震動
る応答特性が異なるので，各施設それぞれ
て求められるべきものである。したがって，
して得られる seismic microzonation map
各種施設毎の危険度が直接表現されたり，
に対する地震工学的な評価が可能となる諸
とえば，応答倍率，卓越周期，加速度，震
.）が表現される。

に存在する施設のうち，木造家屋は最も普
存在すると同時に，我々の生活が依存する
高い施設のひとつである。そのうえ，柔構
妻する施設でもあるので，日本で seismic
oning を考える場合には，最初にとりあげ
べき対象とみなし得る。

家屋の地震時の被害については，古くから
行なわれ，地盤や地形との関係が論じられ
。その多くは，木造家屋の全壊率の分布
形との関係を定性的に示したり，軟弱層の
の関係を求めたりしている。一方，常時微
用したり，応答計算をするなど，地盤と木
の振動特性から，倒壊のメカニズムを追い
，木造家屋の被害の説明をすることも試み
いる。この方法は，1地点での問題を扱う
しているが，現状では，メカニズムが完全
明されていないし，既往の地震災害の検討
メカニズムを裏付ける資料も必要とする。
え，seimic microzoning のように，面的
を扱うには，地盤構造の面的な分布につい
識の助けを必要とする。

がって，木造家屋を対象にした seismic
oning には，いくつかの方法が考えられる
の基本となるのは，地盤構造の面的な分布
て充分な知識を得ることと，それを量で示
被害率や，地震工学的諸要素に，いかに読
ていくかということである。そのために
去の地震時の被害例を再検討し，事例研究
ていくことも，理論的研究とともに，非常
に重要である。

筆者ら（松田ほか，1977）は，関東大地震を例にとり，地形別に震央距離と木造家屋全壊率との関係を関数化し，被害地域全体についての全壊率の分布をマクロに扱う方法を示した。ここでは，同じ関東大地震時の木造家屋全壊率を，震央距離ほぼ40km[1]にある旧横浜市内のうち，地盤構成が様々である沖積低地内について，ミクロな検討をする。

II 調査地域の地形と沖積層の概要

1 地形の概要

調査地域の地形は，台地，低地，およびこの両者を境する斜面に大別できる（図1）。台地は，そのほとんどが下末吉面で，一部に武蔵野面が分布する（たとえば，太田ほか，1970）が，図1では一括して示してある。台地の頂面は，ほぼ40～50 m を示し，東へ緩く傾斜している。台地を構成している下末吉層は，一般に，鮮新統の三浦層群を基盤とするが，一部では，前期更新統の屏風が浦層を基盤とするところがある。また，下末吉層の層厚は，3～8 m で，砂泥質な堆積物からなる。さらに，その上位を厚さ15～20m の関東ローム層が覆い，台地面が形成されている。

低地は，沖積低地と海岸低地とからなる。沖積低地では，大岡川と帷子川の谷底低地が広く，どちらの低地も，最下流部は，干拓により陸化されている。この他にも，谷底低地がみられるが，その規模は小さい。しかし，地下に埋積され，沖積層の基底となっている谷地形は深い（図3），海岸低地には，砂州と埋立地が分布する。砂州は台地直下に分布したり，大岡川など，台地を刻む谷の出口を閉塞するように分布している。埋立地は，砂州や干拓地の前縁から，沖へと広げられてきた。明治期までは，大岡川や帷子川の河口付近にあった入江の干拓が中心に進められたが，明治期に入ってからは，浅海の埋立が活発に行なわれてきた。なお，台地と低地の境界をなす斜面の直下には，かっての波食台が離水したと思われる低位台地が分布する 低位台地の標高は，数 m 以

1) 震央距離は，相模トラフ沿いに想定されている震源断層からの距離と考えている。



1：台地，2：低位台地，3：砂州，
4：谷底低地，5：干拓地，6：埋立地
図 1　地形分類図

下で，台地をふちどるように細長く分布し，薄い砂層が最上部に分布する。

2　沖積層[2)]とその分布

図2に大岡川と帷子川の河口付近の地質断面，図3にその地質断面の位置と沖積層基底の等高線を示した。

調査地域の沖積層は，東京湾沿岸地域全域をまとめたKAIZUKA, et al. (1976) にしたがえば，基底礫層 (BG)，下部層(下部砂層 LS，と下部泥層 LC)，上部層(上部泥層 UC，と上部砂層 LS)，最上部層 (UA) に分類できる。なお，中間砂層 (MS) は，ほとんど分布しない。この分類は，見上・奥村 (1972) による下部砂礫層に，BG, LS, LC が，中部泥層に，UC, US がそれぞれ対応し，上部砂礫層には，UA と砂州を構成している US の一部が含まれる。

2) ヴュルム氷期の極相期までに形成された谷の谷底堆積物を含めて，以降に形成された堆積物を沖積層と呼ぶことにする。

BG は，ヴュルム氷期の極相期までに形成された深い谷の谷底に堆積した砂礫層である。BG の層厚は，5m 以下のことが多く，ところによっては分布しない。この深い谷を大岡川低地では古大岡谷，帷子川低地では古帷子谷と呼ぶことにする。

LS と LC は，氾濫原もしくは内湾性の堆積物で，しばしば互層状をなす。N値は，LS では 10～20，LC では5～12のことが多い。層厚は，LS と LC とをあわせて，15m 以下である。

有楽町海進期には，古大岡谷や古帷子谷などは，溺れ谷となり，入江が形成された。松島 (1973) は，これらの入江を，それぞれ，古大岡湾，古帷子湾と呼んでいる。UC は，この入江に堆積した粘土・シルト層で，N値は0～5，とくに，0～2を示すことが多く，非常に軟弱である。

US は，大岡川や帷子川の河口付近に形成された三角州性堆積物や，砂州堆積物からなる。一般に，三角州性堆積物は，砂泥質で，かつ，薄いのに対して，砂州堆積物は，砂質もしくは砂礫質で，厚いことが多い。とくに，大岡川の出口を塞ぐように形成されている砂州は，粗砂や砂礫層からなり，その厚さは，最大約15m に達し(松島，1973)，地盤が比較的良好なため，古くから，官庁街や商業街が立地してきた。

UA は，一般に，古大岡湾や古帷子湾などの溺れ谷が陸化された後に堆積した陸成の堆積物を指すが，調査地域では，埋土や盛土が占める割合が高い。そのうえ，ボーリング資料からは，自然に形成された陸成堆積物を埋土や盛土から区別することは難しいことが多いので，これらを一括することにした。図2では，ボーリング柱状図に，表土，埋土，盛土と記載されている部分と，表層にあるN値5以上の粘土・シルト層を一括している。

沖積層の層厚の分布や，基底の等高線は，すでに多く発表されている（復興局建築部，1929；見上・奥村，1972；松島，1973；建設省計画局ほか編，1969；KAIZUKA et al. 1976，など)。いずれの図にも，古大岡谷と古帷子谷の存在が明瞭に示され，かつ，台地直下に広がる埋没波食台が－10m 以浅，もしくは，層厚10m 以下の平坦面

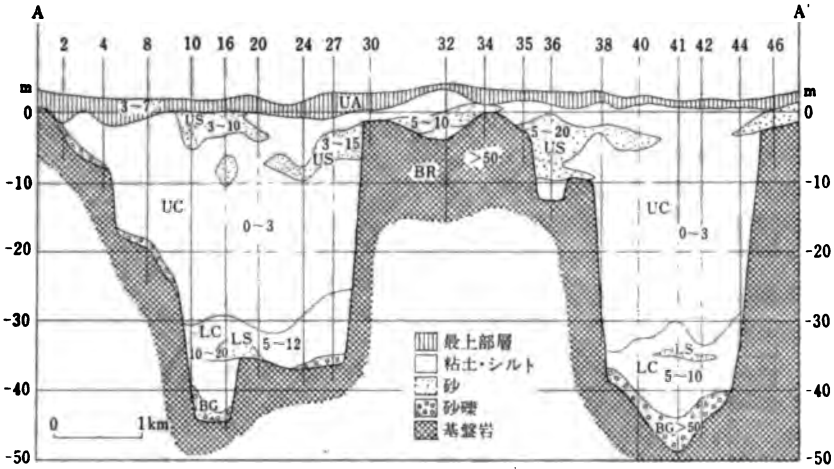


図 2　海岸付近の地質断面 (A-A′)



図 3　沖積層基底等高線

として示されている。また，さらに，深い平坦面として，埋没河岸段丘の存在も知られている。

図2では，No. 2～4，No. 30～35，No. 37，および，No. 46付近にみられる平坦面が埋没波食台である。また，No. 8付近と，No. 20～27にかけては，埋没河岸段丘がみられる。

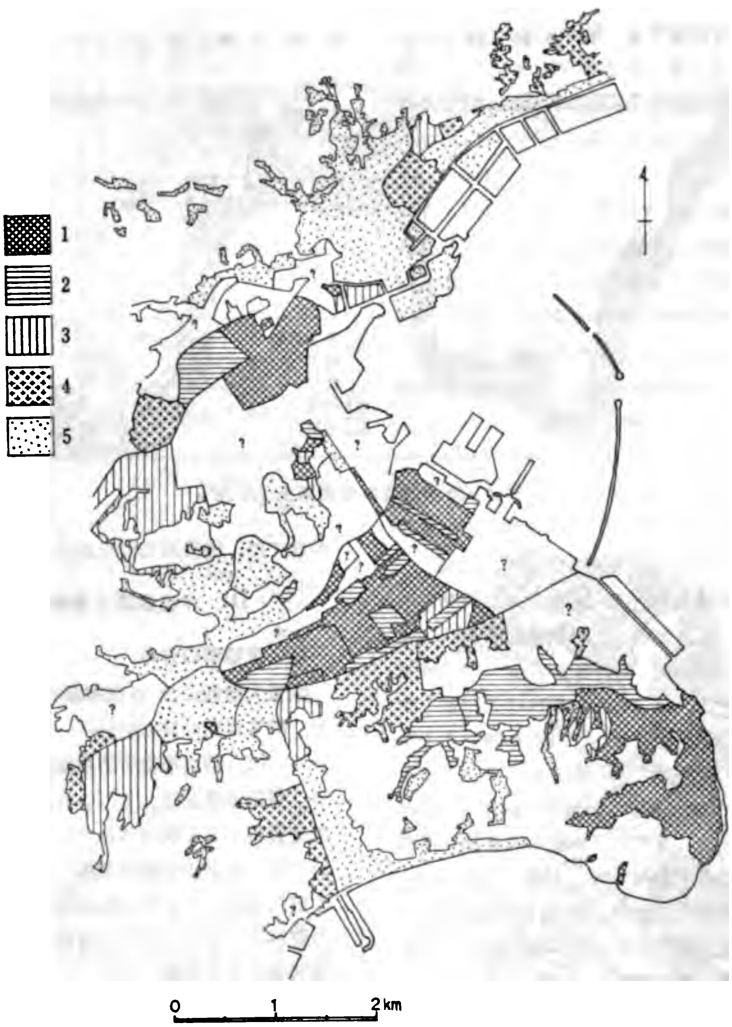
III　木造家屋全壊率分布と地盤

1.　全壊率の分布

関東大地震による旧横浜市内の被害記録のうち，町丁目別の被害記録が，最もよく記載されているのは，横浜市役所市史編集係編 (1926) による「横浜市震災誌」で，これは，横浜市から地震対策資料として復刻されている。ついで記載のよいのは，神奈川県警察部編 (1926) による「大正大震火災誌」である。OMOTE (1949 a) は，これらの資料に，さらに若干の資料を加え，町丁目別に全壊率の表を作製している。なお，全壊率とは，全壊家屋数を総戸数で割った値である[3)]。

図4は，OMOTE (1949 a) の表から作製した全壊率分布図である。この図と，図1，図3とを対照すれば，大岡川低地，帷子川低地，および，本牧東方の低地で，全壊率が最も高く，台地上や埋没波食台上では小さいことが指摘できる。ちなみに，各地形別に集計してみると，表1になる。

3) 「横浜市震災誌」などの資料には，各町丁目別の記載の中に，木造家屋全壊率もしくは全壊戸数が示されている。OMOTE (1949 a) による表では，全壊戸数が判明している場合にはそれを総戸数で割って全壊率を求め，全壊率が示されている場合には，それをもとに全壊戸数が求められている。



1：80％以上，2：60％以上80％未満，3：40％以上60％未満，4：20％以上40％未満，5：20％未満

図 4　町丁目別木造家屋全壊率

2.　沖積層厚と全壊率との関係

OMOTE(1949 b）は，復興局建築部（1929）の資料を利用して，沖積層[4]の厚さを読みとり，全壊率との関係を検討している。その結果，沖積層が厚いほど全壊率が高いこと，とくに，沖積層厚が 30 m を越えると，全壊率が著しく高くなることなどを指摘している。

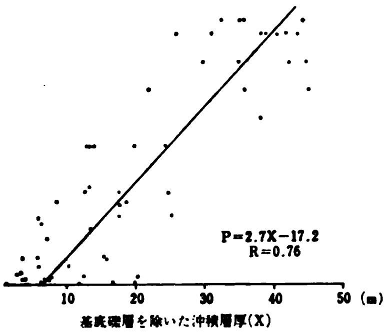
ここでは，最近多数収集されているボーリング柱状図を利用して，沖積層厚と全壊率との関係をあらためて求めてみた。まず，町丁目別に，そこの地下構造を最もよく表現していると思われるボーリング柱状図を抽出した。たとえば，沖積層厚

4）復興局建築部（1929）による沖積層の厚さの分布図は，図 3 と類似しているので沖積層の定義は，この報告とほぼ同じとみてさしつかえない。

表 1　地形別木造家屋全壊率

形	総戸数	全壊戸数	全壊率 (%)
・丘 陵 地	4,425	231	5.2
な谷底低地*	6,503	2,023	31.1
な谷底低地 海岸低地**	9,221	3,773	40.9
・埋立地***	24,086	20,411	84.7
食台上の地域	23,739	5,606	23.6

地の中に谷頭を持ち，谷幅 200m 以下
もの。
幅 200m 以上の谷底低地。干拓地と埋
地は除く。
没波食台上に位置する部分は除く。



5　基底礫層を除いた沖積層厚と，木造家屋全壊率との関係

ない場合には，平均的な厚さの沖積層を図を選んだ。また，台地と低地にまたが目が位置する場合には，資料からはずし

層を除く沖積層厚（Xm）と，全壊率（P関係を示すと，図5になる。最少自剰法帰直線を求めると，
=2.7X (m) −17.2になる。相関係数は，し，OMOTE (1949 b) の結果を裏付けて

は，Xがほぼ25m 以上になると，Pの値下にはならなくなる。沖積層厚が30mと，全壊率が著しく高くなるという(1949 b) による指摘は，50%以下のことを示すと理解する方がよいであろう。

また，前述した式では，全壊率が100%になるのは，Xが43m のときである。図5から読めるように，Xが40m 以上になると，全壊率は直線よりも下に分布する。このことは，現実には，全壊率が100%という地域では考えにくく，Xが40m に達するあたりで，全壊率は限界に達していることを示すのであろう。OMOTE (1949 b) による図でも，沖積層が35m になるあたりから，全壊率が増加しなくなる傾向が示されている。

3.　地盤の構成と全壊率との関係

図5では，XとPとが良い対応を示すことが読みとれるが，Xがほぼ13m 以上になると，全壊率のバラつきが大きくなり，最大値と最小値では，40〜50%の開きがある。これは，沖積層を一括して扱っていることに原因のひとつがあると考えられる。そこで，沖積層を岩相とN値から，X_1（最上部層），X_2（腐植土層），X_3（粘性土層，N≦5），X_4（粘性土層，N>6），X_5（砂層，N≦10），X_6（砂層，N>11），X_7（砂礫層）の7層に区分し，重回帰分析を行なって，全壊率を各層の層厚で表現できるように関数化した。その結果

$$Pc=-0.99-2.05X_1+3.30X_2+2.33X_3$$
$$+1.42X_4+1.99X_5+2.33X_6-0.05X_7$$

が得られた。なお，X_1〜X_7 はそれぞれ m 単位で与えられ，かつ，その垂直方向に出現する順序は考慮していないし，2か所以上に離れて分布するときには，合計した厚さを使用している。この式から求めた全壊率（Pc）と実際の全壊率（P）との関係を図6に示した。両者は非常に良い対応を示し，重相関係数は0.87である。

このように，計算結果は非常によい対応を示すが，区分された各層を重みづけた個々の係数をみると，疑問がないわけではない。

各層の係数によれば，砂礫層と表土層以外はすべてプラスに働いている。そのうち，X_2（腐植土）と X_3（N≦5の粘性土）の係数が大きくなることは，これらが代表的な軟弱地盤を構成する層であるので，当然と考えられる。図2にも示されているように，X_3 はおもに上部泥層（UC）からなり，この層の厚さが，全壊率を大きく左右することとは明らかである。

一方，X_6（N>11の砂層）の係数が大きいのは，

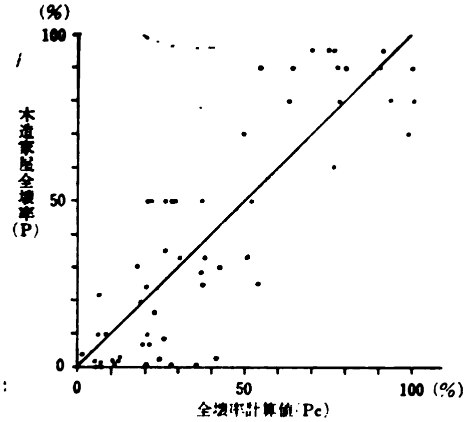


図 6　全壊率計算値と木造家屋全壊率の関係

一般的な地震被害の関係と矛盾している。これは，調査地域では，N値11以上を示す砂の分布範囲が狭く，また，分布しても，表層にごく薄く分布するか，もしくは，下部層の下部砂層 (LS) を構成しているために，このような係数になったのであろう。また，砂礫層の係数は，−0.05で他の係数より2ケタ小さいので，この式では，砂礫層は全壊率の決定にほとんど関与していないことになる。これは，砂礫層がおもに基底礫層 (BG) であることによるためと，砂州の一部を構成していても，沖積層が厚い場合には，全壊率が高くなっているためであろう。重回帰分析を行なう場合には，区分された各層の層序をなんらかのかたちで考慮することが必要であろう。

実質的に負の要因として働くのは，X_1 (最上部層) だけである。最上部層には，前述したように様々なものが含まれるが，最も卓越しているのは盛土である。最上部層のN値は3～7のことが多く，上部泥層に較べれば大きいことが多い。軟弱な泥層上に分布し，よりしまっている盛土は，全壊率に対しては負の要因として働くことを示している。盛土の厚さと全壊率との関係を求めたOMOTE (1949 b) の結果では，予想に反して，その厚さが大きくなればなるほど全壊率が高くなるという結果が得られなかったというが，かえって負の要因として働いているからであろう。

IV　周波数応答計算

1.　計算方法と各定数

前節でのべたのは，沖積層の層厚や岩相と全壊率との関係で，いわば，地盤の静的な性質に基づく考察である。しかし，震害を扱うには，地震動を媒介として考えることが必要であり，地震動の媒体として地盤を扱うこと，すなわち，地盤の動的な性質に基づく考察も重要である。ここでは，地盤の動的な性質に基づく考察の中で，最も基本的な周波数応答計算を行なった結果を示すことにする。このような応答計算の結果には，地盤を構成している各層の層序をも含めた性格が反映されるという長所がある。

周波数応答計算を行なったのは，前節でのべた各町丁目別に選定されたボーリング柱状図すべてについてである。

地震工学の立場から震害に関係づけて地盤の振動を論ずる場合には，一般に，下方から鉛直に入射し，上方へ進行していくS波の挙動を考えればよいとされている。したがって，ここでは，成層している地盤の基盤からS波が鉛直に入射したときに得られる次式を利用して，重複反射理論に基づいて計算した。使用した式は

$$\rho j \frac{\partial^2 Xj}{\partial t^2} = Gj\,(1+iQj)\,\frac{\partial^2 X}{\partial Zj^2}$$

と表現され，j：地表からj番目の地層(第j層)に対する添え字，Zj：第j層の上面から下方への深さ (下方へ正)，Xj：深さZj における水平変位，Gj：第j層のせん断剛性率，ρj：第j層の単位体積重量，Qj：第j層の減衰に関する定数 (20と仮定した)，i：虚数単位 ($i=\sqrt{-1}$)，をそれぞれ示している。また，S波速度 Vsj は，

$$Vsj=\sqrt{(Gj+iGjQj)/\rho j}$$

で与えられる。したがって，重複反射理論により周波数応答計算をするには，成層している各地層の単位体積重量とS波速度を求めなければならない。単位体積重量は，建設省計画局ほか編(1969)を参考にし，また，S波速度は，横浜地域での資料が得られないので，筆者らが，かって，東京都23区内の資料に基づいて求めた式 (望月ほか, 1975) を利用して定めた(表2)。

表 2　周波数応答計算に用いたS波速度および単位体積重量

岩　相	時　代	データ数	S波速度(Vs：m/sec)	単位体積重量（ρ：g/cm³）
腐植土	沖積層	2	Vs=80.00*	1.50
粘　土	沖積層	32	Vs=87.86+2.85N+4.13D	最上部層1.57，上部泥層1.54，下部泥層1.63
シルト	沖積層	58	Vs=94.64+5.05N+3.05D	最上部層1.57，上部泥層1.54，下部泥層1.63
砂	沖積層	48	Vs=114.50+2.51N+4.28D	最上部層1.67，上部砂層1.67 下部砂層(N<50)1.70，下部砂層(N≧φ)1.80
礫	沖積層	44	Vs=268.48+1.25N+0.37D	2.00
土　丹	第三紀層	25	Vs=500.00*	2.00
盛土，埋土	沖積層	34	Vs=85.18+9.16N	盛土，埋土の下の土質のρ

*：平均値使用　　N：N値，　　D：各層の上面の深さ（m）

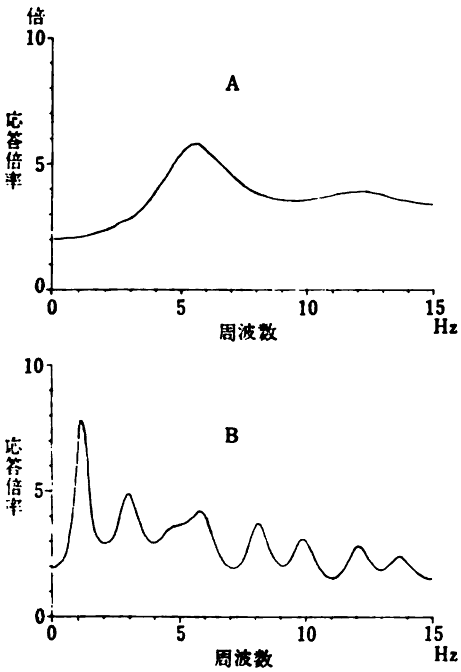


図 7　周波数応答計算結果の例

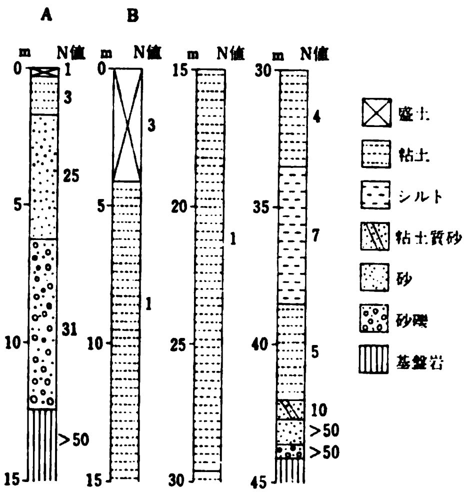


図 8　周波数応答計算に利用した柱状図の例

実際の計算は，基盤に振幅1の正弦波を入力させ，基盤に対する地表面での応答倍率を求めた。求めた範囲は，0～15Hz で，計算は，0.1Hz 刻みで行なった。なお，基盤には三浦層群を仮定した。

2.　周波数応答計算の結果

計算結果のうち，代表的な2例を図7に示し，計算に使用した柱状図を図8に示した。

図7のAは，埋没波食台上の例である。沖積層の層厚は12.4m しかなく，砂礫層と砂層でそのほとんどを占める。このような地盤は短周期の地盤で，木造家屋は倒壊しにくい。全壊率は，この例では，3％であった。計算結果をみると，最大応答倍率を示す周波数は5.5Hz（周期に直せば，0.18sec）で，最大応答倍率は，5.8倍であった。

Bは，深い埋没谷上の例で，沖積層の層厚は44.1m に達する。沖積層の中では，N値1および4を示す上部泥層（UC）が厚く，29.3m に達

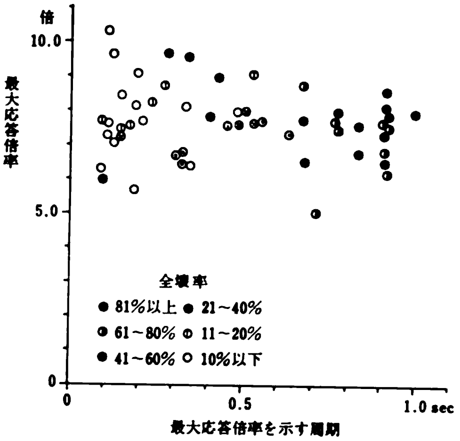


図 9　最大応答倍率を示す周期，最大応答倍率，および，木造家屋全壊率の関係

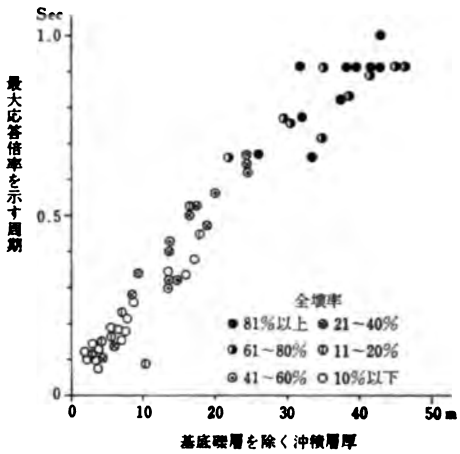


図 10　基底礫層を除く沖積層厚，最大応答倍率を示す周期，および，木造家屋全壊率の関係

する。この例は，長周期地盤の代表例で，木造家屋が倒壊しやすい。全壊率は95%を示していた。計算結果によると，最大応答倍率を示す周波数は1.1Hz（周期に直せば，0.91sec）で，最大応答倍率は7.8倍であった。

他の結果についても，最大応答倍率を示す周波数と最大応答倍率を求めた。最大応答倍率を示す周波数の逆数である周期と，最大応答倍率，および，全壊率との関係を図9に示した。図からは，最大応答倍率が5倍以下の例はないという条件は付くが，全壊率は，最大応答倍率を示す周期が長くなるほど高くなり，最大応答倍率とは関係しないことが読みとれる。これは，木造家屋が倒壊に至る過程では，振動による損傷が進行するにつれ，固有周期がしだいに長くなり，最終的には塑性変形して倒壊に至るので，長周期の地盤ほど倒壊しやすいという事実を示すものと考えられる。

最大応答倍率を示す周期は，軟弱層の層厚と関係が深いと考えられるので，基底礫層を除く沖積層厚と最大応答倍率を示す周期，ならびに，全壊率との関係を図10に示した。基底礫層を除く沖積層が厚くなるにしたがい，最大応答倍率を示す周期が長くなり，かつ，全壊率も高くなっている。しかし，よくみると，基底礫層を除く沖積層の層厚が，30m を越えるあたりから，最大応答倍率を示す周期が，それ以下の層厚のところよりもばらついてくるのが読みとれる。これは，上部泥層（UC）の下底が−30m 付近にあり，かつ，凹凸を持っていることに関係しているのであろう。

また，基底礫層を除く沖積層厚と全壊率の関係は，図5にも示されていたように，層厚13m 付近から25m 付近にかけて，ばらつきが大きいことが読みとれる。しかし，最大応答倍率を示す周期は，ばらつかないので，全壊率が様々であることについては，他の理由を求めなければならない。この理由を追求することは，全壊率の資料の精度からみて，非常に難しい。

V　まとめ

関東大地震の際の旧横浜市内の木造家屋の全壊率について検討した。その結果，木造家屋全壊率（P%）と基底礫層を除く沖積層厚（Xm）との関係は，最少自剰法により，

$$P = 2.7X - 17.2$$

という直線に回帰された。また，相関係数は0.76であった。

ついで，沖積層を X_1（最上部層），X_2（腐植土層），X_3（粘性土層，N≦5），X_4（粘性土層，N>6），X_5（砂層，N≦10），X_6（砂層，N>11），X_7（砂礫層）の7層に区分し，全壊率（Pc %）との関係を，重回帰分析を行なって求め，

$$Pc = -0.99 - 2.05X_1 + 3.30X_2 + 2.33X_3 + 1.42X_4 + 1.99X_5 + 2.33X_6 - 0.05X_7$$

を得た。重相関係数は0.87であった。

さらに，周波数応答計算を行ない，最大応答倍率を示す周期，最大応答倍率，木造家屋全壊率の関係を検討し，全壊率は最大応答倍率よりも，それを示す周期とより関係が深いことを明らかにした。また，沖積層の基底礫層を除く層厚と，最大応答倍率を示す周期とが，直線関係を持つことを示した。

以上の結果から，沖積層の層厚，その岩相，N値など，通常の土質工学的な調査から得られる地盤についての諸要素と，木造家屋全壊率との関係が，周波数応答計算という地震工学的解析結果とも結びつけて解釈できることが明らかになった。したがって seismic microzoning を行なう場合，土質工学的な調査結果に基づく地盤分類を，地震工学的な振動特性に読みかえるという方法をとることが可能になる。この方法を利用すれば，mapping がよりやりやすくなる。

この小論を書くにあたり，東京都立大学工学部建築学教室望月利男博士に助言をいただいた。記して謝意を表したい。また，この研究の経費の一部に，昭和52年度文部省科学研究費一般研究C，「Seismic microzoning に対する地理学的アプローチ，課題番号258099，代表者中野尊正」を使用した。

参考文献

復興局建築部(1929)：東京及横浜地質調査報告．144p.

KAIZUKA, S. et al. (1977) : Recent Formations and Their Basal Topography in and around Tokyo Bay, Central Japan. *Quaternary Research*, 8(1), 32-50.

神奈川県警察部編 (1926)：大正大震火災誌，1,202p.

建設省計画局ほか編(1969)：東京湾周辺地帯の地盤．都市地盤調査報告書，第17巻，大蔵省印刷局，138p.

松田磐余ほか(1977)：関東大地震における木造家屋全壊率と震央距離・地形（地盤）の関係について．第14回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，405-408.

松島義章(1973)：横浜市内の沖積層の貝化石群集(予報)．神奈川博研報，No. 6, 7-19.

見上敬三・奥村　清(1972)：横浜沿岸の沖積層．星野通平・青木斌編"伊豆半島"，東海大学出版会，49-58.

望月利男ほか(1975)：地盤の応答計算と東京都区内地盤の応答特性．土と基礎，23(12)，11-17.

OMOTE, S. (1949a) : Earthquake Damages in Yokohama City due to the Great Earthquake of September 1, 1923. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 27, 57-62.

OMOTE, S. (1949b) : The Relation between the Earthquake Damages and the Structure of Ground in Yokohama. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 27, 63-68.

太田陽子ほか(1970)：横浜市付近の下末吉層の基底面の地形．地理評，43, 647-661.

横浜市役所市史編纂係編(1926)：横浜市震災誌，第2編，災害の遭難，45-107.

(1978年6月26日受理)

地学雑誌 87, 5 (1978)

南極磁気図の作成

春山　仁*

Compilation of Magnetic Charts for Antarctic Region

Hitoshi HARUYAMA

Abstract

"Magnetic Maps 1975 of the Antarctic" has been compiled by the Geographical Survey Institute (GSI). Most of its data have been sent to GSI by countries joining to the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) at its request through SCAR to be submitted to the spherical harmonic analysis.

Distribution of the earth's magnetic field and its annual change are represented in seven maps corresponding to each component by the illustration of isomagnetic and isoporic lines respectively. Residual total intensity at the observation points is shown on the eighth map.

Location of the south magnetic pole is obtained. It has been moving on the Continent toward north or northwest direction and is now located at a point off the coast of Adelie Land. It appears that the dipole moment of the earth's magnetic field is still decreasing at an approximately constant rate.

I　はじめに

国土地理院では，南極研究科学委員会 (SCRA) の依頼によって，昭和51年４月から南極磁気図の作成を進めてきており，昭和53年８月には完成の見込である。

SCAR は，南極観測を実施しているアルゼンチン，オーストラリア，ベルギー，チリ，フランス，日本，ニュージーランド，ノルウェー，南アフリカ，イギリス，アメリカ及びソ連の12国で構成される国際的な学術団体の１つであり，南極の科学的調査，観測に関する国際協力を行っている。

南極磁気図はこれまでにもソ連，アメリカ等で作成されたことがあるが[1,2]，今回の SCAR の試みは，国際協力によって各国のデータを集大成しようとするものであり，国土地理院としても，国際協力の一環として要請に応ずることとなったのである。

* 国土地理院　Geographical Survey Institute

II　地磁気について

中低緯度地域において磁針がほぼ南北を指すことはかなり昔から知られており，羅針盤による船舶の進路決定等に利用されてきているが，このことは地球が磁気を持っているために生ずる現象であり，地球の持つ磁気のことを地磁気と呼んでいる。地磁気については，その大部分は地球流体核内部を流れる電流によって生じ，電流を定常的に維持するために流体核内に発電機と同じ原理のメカニズムが成立しているとする，いわゆるダイナモ理論が，現在では一般的に認められている。

地磁気の分布は，地球の中心部に地軸とほぼ平行に１本の棒磁石があると考えた場合の分布と比較的似ているが，その他に世界各地に地域的な異常があり，さらにそれより狭い範囲の局地的な異

常も重なり合って，かなり複雑である。このように，場所によって異なる地磁気の分布を地図上に表現したものが磁気図である。

地磁気はまた，時間とともに変化する。その代表的なものは1日を周期とする日変化であり，あるいは地磁気の値が突然大きく擾乱されるいわゆる磁気嵐である。これらの変化の原因は，電離層ないしそれより外側の空間での太陽・地球間の相互作用であるとされている。その他にも，数10年程度以上の長い期間にわたって徐々に変ってゆく部分があり，永年変化と呼ばれている。このような地磁気の性質から，磁気測量の結果をまとめて磁気図を作成する際には，適当な時点（エポック）を定めて，観測値をエポックにおける値に引直すことが必要である。この引直しは，国土地理院では年度化成と呼ばれている。

永年変化を示すものとしては，年変化量がある。年度化成を行うためには年変化量に関する知識が必要なので，磁気図作成に際しては，同時に年変化量分布図も作成されることが多い。

III 磁気ポテンシャル

地磁気は，磁気ポテンシャルを考えることによって，その取扱いが比較的簡単になる。磁気物質のない空間においては，磁気ポテンシャルVが定義でき，地心を極とする極座標を (r, θ, λ) とすると，Vは微分方程式

$$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial V}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2 V}{\partial\lambda^2}=0$$

を満足する。この方程式の解には球関数が用いられるが，磁気ポテンシャルの場合には，ルジャンドル陪関数 $P_{n,m}(\theta)$ の代りにシュミット球関数 $P_n^m(\theta)$ が用いられることが多い[3]。この2つの関数は

$$\left.\begin{aligned}P_n^m(\theta)&=P_{n,m}(\theta) & m&=0\\ P_n^m(\theta)&=\sqrt{2\frac{(n-m)!}{(n+m)!}}P_{n,m}(\theta) & m&>0\end{aligned}\right\}$$

という関係で結ばれており，シュミット球関数の具体形は

$$P_1^0(\theta)=\cos\theta$$

$$P_1^1(\theta)=\sin\theta$$

$$P_2^0(\theta)=\frac{1}{2}(3\cos^2\theta-1)$$

$$P_2^1(\theta)=\sqrt{3}\sin\theta\cos\theta$$

$$P_2^2(\theta)=\frac{\sqrt{3}}{2}\sin^2\theta$$

....

となる。

地磁気は，地球内部が原因となる部分と，地球外部に起因する部分との和であるが，後者は前者にくらべて小さいため，球関数分析に際しては，後者を無視することが慣例となっている。その場合，微分方程式の解は

$$V=a_0\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{m=0}^{n}\left(\frac{a_0}{r}\right)^{n+1}\{g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\}P_n^m(\theta)$$

となる。ここで g_n^m, h_n^m はガウス係数と呼ばれる定数であり，a_0 はガウス係数を決定する際に基準としてとられる球面の半径である。

地磁気の永年変化は，磁気ポテンシャルの変化として考えることができる。このとき変化するものはガウス係数であり，その年変化量が通常 $\dot{g}_n^m$, $\dot{h}_n^m$ と書かれる。これらの値を前式右辺のガウス係数の代りに用いれば，ポテンシャルの年変化量 $\dot{V}$ が得られる。

IV 国際標準地球磁場

これまで多くの研究者によって，種々のエポックにおけるガウス係数が求められているが，議論の基礎となるこれらの数値は共通のものを使用することが望ましいという事情があって，国際標準地球磁場 (IGRF) が設けられた。現在までに1965年及び1975年の2つのエポックにおける数値が公表されてる[4,5]。IGRF においては，$n\leqq 8$ のすべての係数及びその年変化量が定められており，その一部を表1に示す。

V 地磁気の成分

地磁気は方向と大きさとを持つ，いわゆるベクトル量であり，互に独立な3つの成分であらわされる。磁気ポテンシャルの定義されている空間内の1点において，地磁気の直交3成分は

$$X'=\frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial\theta}$$

表 1 IGRF 1975 の係数

n	m	g_n^m (nT)	h_n^m (nT)	$\dot{g}_n^m$ (nT/y)	$\dot{h}_n^m$ (nT/y)
1	0	−30,186		25.6	
	1	− 2,036	5,735	10.0	−10.2
2	0	− 1,898		−24.9	
	1	2,997	− 2,124	0.7	− 3.0
	2	1,551	− 37	4.3	−18.9
3	0	1,299		− 3.8	
	1	− 2,144	− 361	−10.4	6.9
	2	1,296	249	− 4.1	2.5
	3	805	− 253	− 4.2	− 5.0
4	0	951		− 0.2	
	1	807	148	− 2.0	5.0
	2	462	− 264	− 3.9	0.8
	3	− 393	37	− 2.1	1.7
	4	235	− 307	− 3.1	− 1.0

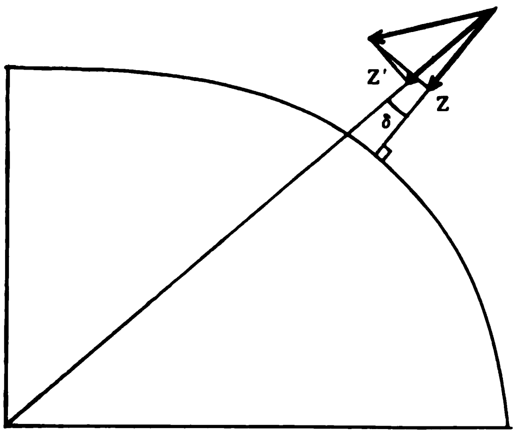


図 1

$$Y' = \frac{-1}{r \sin\theta} \frac{\partial V}{\partial \lambda}$$

$$Z' = \frac{\partial V}{\partial r}$$

であらわされる。ここで Z′ は，地心に向う方向の成分であり，通常用いられている楕円体の法線方向の成分とは，わずかではあるが異なっている(図1)。この2つの方向のなす角を δ とすれば，通常の座標系での成分値は次式によって計算できる。

$$X = X' \cos\delta + Z' \sin\delta$$

$$Y = Y'$$

$$Z = Z' \cos\delta - X' \sin\delta$$

ここで X, Y, Z はそれぞれ北，東，下向きの成分である。

準拠楕円体の赤道半径を a，極半径を b とし，この点の緯度，経度をそれぞれB，Lとすれば，δ は

$$\sin\delta = \frac{\cos B \sin B}{r\sqrt{a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B}}$$

によって計算される。

地磁気ベクトルの成分としては，この他に，水平成分H，ベクトルの大きさF(全磁力)，方位角D(偏角)，水平からの傾きI（伏角）が時により使い分けられており，これらの成分はいずれも前記3成分から求められる。図2は，これらの成分の関係を示したものである。

VI データ収集

磁気図作成のために必要な観測所の月（または年）平均値及び野外測量の観測データについては，SCAR を通じ各国の国内南極委員会に対して提供を依頼した。その結果，オーストラリア，フランス，日本，ニュージーランド，南アフリカ，イギリス，アメリカ及びソ連の8カ国からデータが提供された。

観測所データについては，その他に，京都大学内にある世界データセンターで蓄積されている資料及び出版された資料も参照した。当初，南緯30度以南の27観測所のデータを収集したが，このうち6箇所は観測期間が3年未満であるため，年変化量の解析に当っては除外した。その他に，後に述べる理由により南緯30度以北にある11観測所を追加し，最終的に32箇所のデータを使用した。これらの観測所を表2に示す。

野外データについては，収集されたもののうち，南緯40度以南の海上又は陸上で，1957年以降に観測されたものを採用した。観測された成分は点により種々の組合せがあるが，独立な3成分の観測がある場合にはすべて（X, Y, Z）成分に変換して，以後の処理を行った。その他の場合には，FまたはZの観測されているものに限って採用した。これらの選択を行い，さらに後述するよ

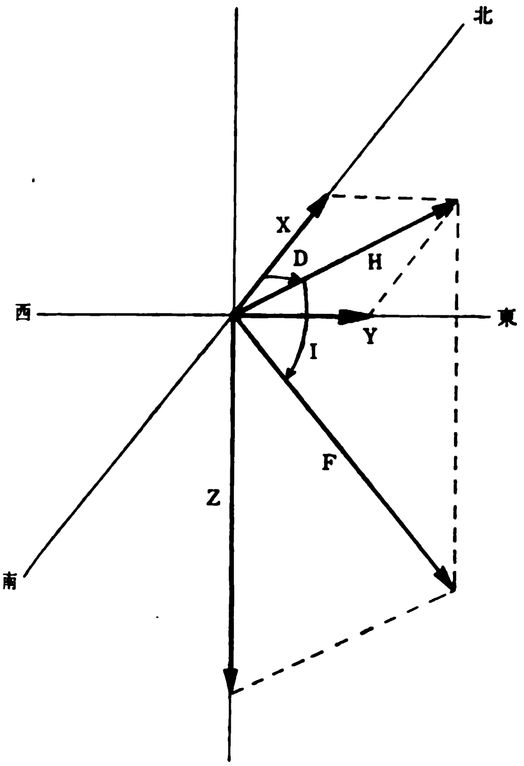


図　2

うに不適切なデータを排除した結果，最終的に使用されたデータ数は，３成分の観測のある点が観測所を含め849点，F成分のみ8,022点，Z成分のみ712点，合計9,583点である。

VII　年度化成

地磁気の時間的変化のうち，短周期変化部分については，南極地域における観測所の分布が十分でないこと及び観測所の連続記録資料が入手されなかったことから無視し，永年変化のみを考慮して，1975.0年に化成した。

永年変化に対する補正の手順は，次のとおりである。

観測所における各成分の月または年平均値が，時間Tの３次式であらわされると仮定して

$$X = X_1T^3 + X_2T^2 + X_3T + X_4K_1 + X_5K_2$$
$$Y = Y_1T^3 + Y_2T^2 + Y_3T + Y_4K_1 + Y_5K_2$$
$$Z = Z_1T^3 + Z_2T^2 + Z_3T + Z_4K_1 + Z_5K_2$$

とおき，最小二乗法により，観測所ごとに係数 X_1, X_2,・・・，Z_5 を決定した。このとき，Tの単位は年とする。ここで，右辺の第４項及び第５項はいずれも定数項で，通常は $K_1=1$，$K_2=0$ であるが，観測点が移転した場合には，移転後は $K_1=0$，$K_2=1$ とする。すなわち，これら２つの観測点はあまり離れていないので変化の傾向は同じであると仮定して，移転前後のデータを統一して扱うことができるようにしたものである。求められた係数の一部を，表３に示す。

この式により，1957年から1975年までの各年初における値を算出し，それらの差をとることによって，各観測所について１年ごとの年変化量が求められる。表２からわかるように，全期間にわたるデータの得られていない観測所が多いが，この場合には，データの欠けている期間のうち最初の１年については３次曲線を延長して年変化量を算出するが，それ以後については計算しないこととした。

観測所ごとの３成分の年変化量が計算されると，最小二乗法により $\dot{g}_n^m$, $\dot{h}_n^m$ が得られる。これらの値が1957年から1974年までの各年について計算された。ただし，観測方程式の数を考慮して，$n \leqq 4$ の合計24個について求められている。主要項の数値の変化の様子を表４に示す。

年変化量図を作成するために必要な1975.0年の年変化量のみは，この時点における３次曲線の接線の勾配から求められた。$\dot{g}_n^m$, $\dot{h}_n^m$ を求めるためのその後の処理は，他の場合と同様である。

$\dot{g}_n^m$, $\dot{h}_n^m$ が与えられれば $\dot{X}$，$\dot{Y}$，$\dot{Z}$ は計算できる。$\dot{F}$ の計算式は

$$\dot{F} = (X\dot{X} + Y\dot{Y} + Z\dot{Z})/F$$

であるが，この段階では X, Y, Z, F が未決定である。そこでX等には，IGRF 1975によって計算された値を用いた。

これら４種の年変化量が緯度２度，経度４度ごとの格子点において計算され，各観測地点における年変化量は，格子点値から２次元の内挿によって求められた。内挿方式を用いたのは，計算量を節約するためである。

観測時点からエポックまで年変化量を積算し，これを観測値に加えれば，エポックに化成した値

表 2 年変化成に使用した地磁気観測所

名 称	国 名	位置 緯 度	位置 経 度	期 間
Amberley	ニュージーランド	−43°09′	172°43′ E	1947~74
Argentine Island	イギリス	−65 15	64 16 W	1957~67, 75, 76
Byrd	アメリカ	−79 59	120 00 W	1957~61
		−80 01	119 31 W	62~65, 67, 68
Dumont d'Urville	フランス	−66 40	140 00 E	1957~58
		−66 40	140 01 E	60, 62~74
Gnangara	オーストラリア	−31 47	115 57 E	1958~75
Halley Bay	イギリス	−75 31	26 37 W	1957~66, 75
Macquarie Island	オーストラリア	−54 30	158 57 E	1951~75
Mawson	〃	−67 36	62 53 E	1955~75
Mirny	ソ 連	−66 33	93 01 E	1957~74
Molodezhnaya	〃	−67 40	45 51 E	1965~73
Novolazarevskaya	〃	−70 46	11 49 E	1961~73
Port-aux-Français	フランス	−49 21	70 12 E	1957~69, 72~74
Sanae	南アフリカ	−70 18	2 22 W	1962~70
		−70 19	2 20 W	72~75
Scott Base	ニュージーランド	−77 51	166 47 E	1957~59, 64~75
South Pole	アメリカ	−89 59	13 19 W	1959~71
Syowa Base	日 本	−69 00	39 35 E	1958~62, 66~76
Toolangi	オーストラリア	−37 32	145 28 E	1941~75
Trelew	アルゼンチン	−43 15	65 19 W	1957~70
Vostok	ソ 連	−78 27	106 52 E	1959~61, 63~73
Watheroo	オーストラリア	−30 19	115 53 E	1919~58
Wilkes	〃	−66 15	110 35 E	1957~66
Alibag	インド	18 38	72 52 E	1957~73
Apia	ニュージーランド	−13 49	171 47 W	1958~74
Fredericksburg	アメリカ	38 12	77 22 W	1957~75
Honolulu	〃	21 19	158 00 W	1957~75
Huancayo	ペルー	−12 03	75 20 W	1957~74
Kakioka	日 本	36 14	140 11 E	1957~75
Logrono	スペイン	42 27	2 30 W	1957~73
Sitka	アメリカ	57 04	135 20 W	1957~75
Sodankylä	フィンランド	67 22	26 39 E	1957~75
Sverdlovsk	ソ 連	56 44	61 04 E	1957~75
Yakutsk	〃	62 01	129 43 E	1957~73

が得られる。

VIII データの吟味

年度化成の終ったデータについては，まずIGRF 1975による計算値との差を求めた。主な目的は，収集された原データからパンチカードを作成する際の誤りを発見することであり，これらの誤りは訂正された。

その他に一連の海上測定において，原データの経度の符号が混乱しているグループが発見され

表 3　Zの永年変化式の係数

測　所	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
:ley	−.03	1.35	10.4	−55,189.1	—
tine Island	.01	− 1.81	151.0	−38,057.0	—
	−.46	19.31	−148.0	−58,542.1	−58,388.9
ıt d'Urville	−.91	45.35	−662.6	−68,310.0	−68,119.0
ara	−.09	4.87	− 81.5	−53,069.5	—
Bay	.84	−41.89	715.8	−47,259.6	—
arie Island	−.05	2.33	− 1.9	−64.572.5	—
ın	−.12	7.72	− 53.9	−48,945.3	—
	−.09	5.61	− 35.1	−60 487.8	—
ezhnaya	−.52	40.80	−896.6	−37,132.5	—
ızarevskaya	.45	−25.46	584.3	−43,893.7	—
'rançais	−.10	10.27	−251.9	−42,568.7	—
	−.25	14.49	−147.9	−38,411.3	−38,476.4
Base	.04	− 2.48	133.3	−70,389.5	—
Pole	−.57	26.75	−287.3	−56,331.9	—
Base	−.11	7.07	− 5.7	−43,725.8	—
ıgi	.01	.18	− 11.0	−56,321.8	—
r	−.17	6.96	− 50.6	−18,783.4	—
:	.06	− 5.37	232.2	−63,269.3	—
roo	.02	.58	− 40.6	−51,977.7	—
ı	.82	−26.66	322.1	−66,350.4	—

時刻の原点は，1900.0年である。

らのうち，明らかに符号が間違っている
れるものは訂正し，正しいと考えられる
に採用したが，誤りかどうかがはっきり
のは不採用とした。

式に際して短周期変化を無視したこと，
たデータはすべて転記されたものである
考慮して，前記の吟味を終えた後なおそ
)00nT 以上あるものについては，採用
た。これによって，自然的あるいは人為
よって生ずる可能性のある大きな誤り
タから除去されたと考えている。

IX　データの調整

クに化成されたデータから磁気図を作成
いくつかの方法がある。第1は，デー
て，フリーハンドでコンター線を描くも
い地域での分布を詳しく調べるのに適し

第2は，各成分が経緯度の2次式であらわされると仮定して，最小二乗法によってこれらの式を決定する方法である。この方法は，日本程度の広さの地域での分布を，世界的規模の分布の一部として考える場合に有効である。国土地理院で作成している国内の磁気図の場合にはこれら2種のコンターを重ねて表示してある。

南極磁気図の場合には，観測点の数が少なくかつ地域的に偏っていること，1成分の観測しかない点が多いこと，地域内に地理極及び磁極を含むこと等から，これら2つの方法とも適切ではないため，ポテンシャルの球関数展開式による第3の方法を採用した。すなわち，磁気ポテンシャルを微分して得られる X, Y, Z 及びFの式を観測方程式として，最小二乗法によりガウス係数を求め，それを用いて分布図を描くという方法である。諸種の事情を考慮して，今回は n≦12とした。この場合，未知数としてとられるガウス係数は，総計

168個である。

磁気ポテンシャルは本来，地球全域に適用される性格のものである。収集されたデータは南緯40度以南のものであり，地域的に偏った分布のデータを使って解を求めると正しい結果が得られないことが多い。このような事態を避けるためには，

表 4　ガウス係数の年変化量の経年変化

年	$\dot{g}_1^0$(nT/y)	$\dot{g}_1^1$(nT/y)	$\dot{h}_1^1$(nT/y)
1957	14.1	−1.3	− 3.4
58	15.8	− .3	− 3.3
59	17.0	.4	− 3.4
60	17.6	3.7	− 1.9
61	19.6	6.2	− 2.0
62	20.2	6.1	− 2.5
63	20.9	6.5	− 3.3
64	21.9	7.3	− 3.6
65	21.2	5.6	− 4.4
66	23.1	7.2	− 4.8
67	23.4	9.8	− 7.0
68	23.8	10.4	− 7.3
69	23.8	10.7	− 8.7
70	24.5	10.7	−11.0
71	25.5	11.5	− 9.3
72	24.4	12.0	−12.0
73	24.3	12.4	−13.5
74	21.0	9.1	−17.2

データの欠けている地域に追加データが必要であるが，実際問題としてこれらは入手できないので，IGRF 1975による計算値をデータと見なして追加した。これらの計算は，南緯60度から北緯60度までは経緯度各10度ごとの格子点，それ以外の地域では緯度10度，経度20度ごとの格子点，合計540点について行われた。

年度化成に際してポテンシャルの年変化量を用いた理由及び11観測所を追加した理由も，これと同様である。

このようにして求められた，エポックにおけるガウス係数を，先に得られたその年変化量とともに表5に示す。

X　磁気図の作成

求められたガウス係数及びその年変化量を用いて，各成分及びその年変化量を格子点において計算した。格子点の間隔は，緯度は1度ごとであるが，経度は緯度により異なり，次のとおりである。

緯　　度	経度間隔
40° S ~60° S	1°
61　~80	2
81　~85	6
86　~89	12

表 5　求められたガウス係数

n	m	g_n^m(nT)	h_n^m(nT)	$\dot{g}_n^m$(nT/y)	$\dot{h}_n^m$(nT/y)
1	0	−30,164		24.4	
	1	− 2,026	5,690	14.5	−16.8
2	0	− 1,920		−23.2	
	1	3,003	−2,016	2.3	− 3.9
	2	1,580	− 43	9.4	−22.9
3	0	1,306		− 4.2	
	1	− 2,158	− 397	−13.7	6.9
	2	1,269	254	− 9.1	4.7
	3	800	− 248	.6	− 8.0
4	0	960		− 2.7	
	1	818	169	2.6	0.0
	2	476	− 264	− 5.5	− 0.5
	3	− 391	28	− 5.9	3.7
	4	240	− 306	3.2	− 1.1

これらの格子点値から，内挿によってコンター線の通る位置を定め，これを次々に追跡してコンター線を描いた。

作成図は，7種の各成分について成分値及びその年変化量を1枚に描き入れたもの7枚，及びFの化成値から計算値を減じた残差の分布図1枚，合計8枚である。前者は基図上に赤及び青のコンター線で描かれており，後者は残差を7段階に区

表5 つづき

n	m	g_n^m(nT))	h_n^m(nT)
5	0	-221	
	1	364	33
	2	274	133
	3	-16	-136
	4	-169	-101
	5	-38	76
6	0	59	
	1	55	-23
	2	8	117
	3	-218	78
	4	8	-40
	5	-10	-13
	6	-115	-5
7	0	75	
	1	-53	-84
	2	5	-27
	3	7	-2
	4	-19	3
	5	-8	30
	6	17	-17
	7	-11	-11
8	0	-13	
	1	11	34
	2	-9	-30
	3	-1	9
	4	-22	-7
	5	11	3
	6	-14	20
	7	17	-14
	8	0	-20
9	0	-2	
	1	2	2
	2	2	6
	3	-3	-2
	4	2	2
	5	4	-3
	6	-3	5
	7	0	4

表5 つづき

n	m	g_n^m(nT)	h_n^m(nT)
	8	-3	-1
	9	0	0
10	0	-1	
	1	-3	-3
	2	2	2
	3	0	-2
	4	2	1
	5	-4	-1
	6	4	-2
	7	-2	-5
	8	4	1
	9	1	1
	10	0	0
11	0	3	
	1	1	-5
	2	-1	1
	3	-1	0
	4	1	-3
	5	-3	2
	6	2	-2
	7	-1	1
	8	0	1
	9	-4	-4
	10	2	-1
	11	-1	0
12	0	2	
	1	1	2
	2	0	-4
	3	-1	4
	4	-5	1
	5	9	2
	6	-7	1
	7	6	6
	8	-7	-5
	9	8	7
	10	-6	1
	11	4	1
	12	0	-1

分し，区分ごとに色分けした丸印で，同じ基図上の観測点の位置に表示されている。従って，後者は観測点の分布図も兼ねているが，Zの観測しかされていない点は表示されていない。

基図は縮尺1,500万分の1のステレオグラフィック投影によるもので，南極を中心として南緯55度以南の地域について記載されている。

XI まとめ

磁気図作成のための理論は周知のものであり，作成に当って力を注いだのは，与えられた条件の下でいかに効率的に作業を進めるかということであった。例えば，シュミット球関数は計算中にしばしば使われるので，あらかじめ

$$P_n^m(\theta)=\sin^m\theta\sum_{i=0}^{n-m}a_{nmi}\cos^i\theta$$

として a_{nmi} を求めておき，θ が与えられれば直ちに計算できるようにした。a_{nmi} の計算には，通常用いられる漸化式あるいは直接計算式ではなく新しい関係 $P_n^m(\cos\theta)$ を導入して漸化式

$$P_n^m(\cos\theta)=\frac{1}{\sqrt{(n+m)(n-m+1)}}\frac{d}{d(\cos\theta)}P_n^{m-1}(\cos\theta)$$

を用いた。この関数とシュミット球関数とは

$$\left.\begin{aligned}P_n^0(\theta)&=\frac{1}{\sqrt{2}}P_n^0(\cos\theta)\\P_n^m(\theta)&=\sin^m\theta\,P_n^m(\cos\theta)\quad m\geqq1\end{aligned}\right\}$$

という関係にある。

今回の計算では，データとして IGRF 1975による計算値を加えてあることから，南極地域においては実際の分布と IGRF の分布との加重平均が得られていると考えることができよう。また，観測点の高さを無視し，高度補正を行わなかったことから，得られた分布は楕円体面上のものというよりも，地表での分布に近いと考えられる。

ガウス係数から，磁極の位置及び双極子モーメントが求められる。

磁極は水平成分が消失する点として定義されるが，今回の結果によれば，南磁極の位置は

B＝ 65.8°S

L＝139.3°E

である。この値は，アメリカで求められたもの[6]と殆んど一致している。南磁極は，南極大陸内部にあってアデリーランドの沿岸に向って移動しているとされていたが，今回の結果は従来の移動方向の延長線上にあり，完全に海上に出ていることが注目される(図3)。

地磁気を，地心に置かれた棒磁石によるものとその他のものとに分けた場合，棒磁石の強さ（双極子モーメント）Mは，

$$M=(a_0)^3\sqrt{(g_1^0)^2+(g_1^1)^2+(h_1^1)^2}$$

であらわされる。今回の結果を使って計算すると，

$$M=8.0\times10^{25}\ \text{e. m. u.}$$

となった。Mは過去100年以上にわたって減少を続けており[7]，この値もその減少傾向と一致している(図4)。

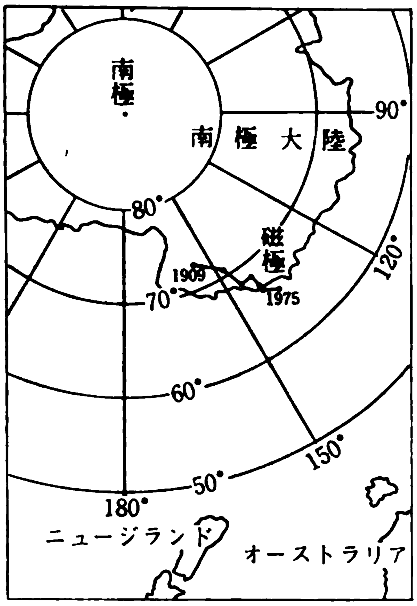


図 3　磁極の移動

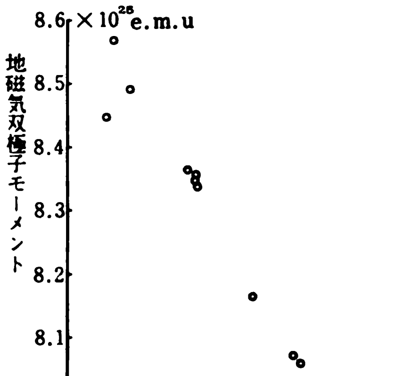


図 4　双極子モーメントの変化
(力武常次：「地球電磁気学」による)

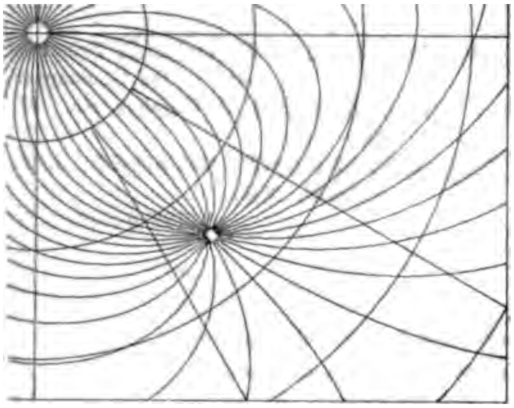


図 5 コンピュータから出力された偏角図

計算はすべて国土地理院のコンピュータ NEAC 2200/500を用いて行われ，コンター線及び観測点の図上位置は X-Y プロッタにより出力された。図5は，出力された図の一部である。計算に際して必要な定数としては，IGRF で採用されているものと同じ

$a_e = 6371.2km$

$a = 6378.160km$

$f = (a - b)/a = 1/298.25$

を用いた。

謝辞

SCAR を通じて行ったデータ収集の依頼に応じて，下記の諸機関からデータ或いはデータに関する情報が提供された。

Department of Natural Resources, Australia

Department of Science, Australia

Institut de Physique du Globe de Paris, Universite Pierre et Marie Curie

National Institute of Polar Research, Japan

Ocean Research Institute, University of Tokyo

Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand

Council for Scientific and Industrial Research, South Africa

Bernard price Institute of Geophysical Research, University of the Witwatersrand

British Antarctic Survey, United Kingdom

Geophysical and Polar Research Center, University of Wisconsin-Madison

Geological Survey, United States of America

Academy of Sciences of the USSR

これら諸機関の関係者及び終始連絡の任に当られた SCAR 事務局長 G. E. HEMMEN 博士，貴重な助言を与えられた SCAR 固体地球物理ワーキンググループ幹事 C. R. BENTLEY 教授に対し，深甚の謝意を表する。

本事業を開始するにあたり，次の諸氏によって"南極磁気図作成ワーキンググループ"が組織された。

小口　高，国分　征（東京大学理学部）

行武　毅（東京大学地震研究所）

友田好文，小林和男（東京大学海洋研究所）

平沢威男（国立極地研究所）

大島章一（海上保安庁水路部）

田島　稔，藤田尚美，春山　仁（国土地理院）

これらの方々にはその会合において，また個別にも種々の有益な指導助言をいただいた。極地研究所長永田武博士，国土地理院鈴木弘道博士，同水野浩雄氏からも指導激励をいただいた。ここに厚く御礼を申し上げる次第である。

また，ソフトウェアの開発を分担された塚原弘一氏並びに本事業の完遂のために労力を提供された国土地理院地磁気係，計算係及び地図管理部の関係者諸氏に対し，謝意を捧げる。

文献

1) Glavnoye Upravleniye Geodezii i Kartografii MG SSSR (1966) : Atlas Antarktiki I, 34-38, Moscow.

2) BEHRENDT, J. C., and C. R. BENTLEY (1968) : Magnetic and Gravity Maps of the Antarctic, Antarcitic Map Folio Series, Folio 9, American Geographical Society, New York.

3) CHAPMAN, S., and J. BARTELS (1951) :

Geomagnetism, 2, 611–612, Oxford University Press, London.

4) IAGA Commission 2 Working Group 4 (1969) ; International geomagnetic reference field 1965.0, *J. Geophys. Res.*, 74, 4407–4408.

5) IAGA Division I Study Group Geomagnetic Reference Fields (1976) : International geomagnetic reference field 1975, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 44, 733–734.

6) PEDDIE, N. W., and E. B. FABRIANO (1976) : A model of the Geomagnetic field for 1975, *J. Geophys. Res.*, 81, 2539–2542.

7) 力武常次(1972) : 地球電磁気学, 87-88, 岩波書店, 東京.

(1978年6月30日受理)

地学雑誌 87, 5 (1978)

Geology and Mineral Resources of Japan, Third Edition, Volume One, 1977 と日本地質誌の歩み

小 林 貞 一

Geology and Mineral Resources of Japan, Third Edition, Volume One, 1977 and Steps in Progress of Regional Geology of Japan since 1885.

Teiichi KOBAYASHI

地質調査所の70周年に本書の第1版が企画され,3百万分1地質図は1952年に間に合ったが,地質鉱産誌は遅れて1956(昭和31)年に出版された。第2版は1960年に ECAFE の第4回開催の機に初版に補筆し,新たに物理探査の現状を加えて出された。第3版はこれとは異り,第1巻は地質篇であるが, それだけで430頁と多数の折込み図表からなり,第2版の総頁314頁中の地質の部が141頁であったのとは大差がある。そしてこの第3版第1巻は

I. General Remarks
II. Geologic Framework and Evolution of Japan
III. Stratigraphy
IV. Igneous Activity and Metamorphism

の4部からなり,第2版地質部の温泉と地下水や地震と新しい地殻運動の2章は削除されている。これに反して前の総説6頁に相当するところに68頁をさいて地質構造区分と地質構造発達史に当て,古地理図も加えて面目を一新している。層序は約200頁,火成活動と変成作用は約140頁で,この2部は多数の所員の合作で,詳しく記述されている。これに反して概説は田中啓策,第II部は田中と野沢保が執筆している。そうして両氏が地質部の Editors となっている。また1941年以降の Selected Bibliography に1頁をさいているのも本版の新しい点である。

第3版の編集に先き立って吉田尚編著の An Outline of the Geology of Japan の第3版が1975年に出版されているが,これは6人の所員の合作で,その構造区分や対比表などに明らかなように,Outline の第1版,1960,第2版,1965からの進歩が覗われる。最近30余年の日本地質層序論を省みると,コノドントの研究によって秩父古生層の少なからぬ部分が三畳系に属する事が判ってきた。他の特筆すべき進歩として年数測定がある。しかし今日も尚シルリア紀前の層序と秩父地向斜の基盤は未解決の根本問題として残されている。

省みればナウマンの Ueber den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln は1885年ベルリンで開催の第3回万国地質学会議に展示するために製作された地形地質図の説明書で,その内容から見て最古の日本地質誌である。この年にナウマンは帰国し,本著は R. Friedländer & Sohn, Berlin から出版されているので,地質調査所出版物目録には収録されていないが,著者自身が Z. Z. Direktor der geologischen Aufnahme von Japan と書いているように,これは氏が在任中の作業の総決算とも言うべき著作であった。

これに次いで原田豊吉の Die japanischen Inseln, eine topographische-geologische Uebersicht, 1890がある。これは地質調査所の出版物で,著者は Erster Lieferung としているが,続

Tabellarische Uebersicht

	Sedimentäre Formationen	Eruptive Formationen.
Känozoisch	Quartär { Alluvium, Diluvium	Augitandesit, Basalt.
	Tertiär { Pliocän, Miocän	Liparite, Trachyte (spärlich), Dacite, Andesite, Basalte.
Mesozoisch	Kreide { Mikura-Schichten (Kii, Akaishigebirge) Izumi-Sandsteine Trigonia-Sandsteine Mittlere Kreide von Hokkaidō Misaka-Stufe und andere mesoz. Tuffe	Diorite, Quarzporphyre, Porphyrite, Diabase, Peridotite, Granite.
	Jura { Torinosu-Schichten (Sakawa, Itsukaichi, Nakamura) ? Jurassische Schieferthone und Sandsteine des südl. Kitakamigebirges Cyrenen- und Pflanzenschichten (mittlerer und oberer Jura)	
	Trias (Norische Stufe) { Pseudomonotis-Sandsteine (südliches Kitakamigebirge, Sakawa, Nariwa) Ceratites-Schichten (südl. Kitakamigebirge)	
Palaeozoisch	Obere Chichibu stufe. (Kohlenkalk) | Kobotokesystem.	Diabase, Porphyrite,
	Untere Chichibustufe (Pyroxenit)	Gabbros, Gabbrodiorite, Olivingabbros, Peridotite, Serpentine.
Archaeisch	Krystallines Schiefersystem (Graphitgneiss, Granulit, Quarzit, Glaukophanschiefer, Sambagawa-Stufe)	Eklogite, Serpentine, Granite.
	Gneisssystem (Kashiogneiss, Biotitgneiss, Riokeschiefer, Hornblendegneiss, Amphibolit, Granitgneiss)	

篇を出すことなくして原田は1894年に歿した。本著に先き立つこと2年 Versuch einer geotektonischen Gliederung der Japanischen Inseln を同じく地質調査所から出しているが, Einleitung zur Geologie des Quanto und der angrenzenden Gebiet という副題を附していて, これは氏の日本地質誌の準備工作の産物である。ここに原田 (1890) から転載する層序と火成岩類の概観表はこの種の日本最初のもので, 88年前の知識が覗われる。

その後 E. Suess, F. v. Richthofen, 小川琢治等の地質構造論があり, 矢部長克はそれらに対する論評を Problems concerning the Geotectonics of the Japanese Islands: Critical Reviews of various Opinions expressed by previous Authors on Geotectonics, 1917, 東北大学理科報告 2 Ser. v. 4, no. 1 に著した。日本地質誌としては百万分一大日本帝国地質図説明書, 明治33年(1900)があった。これは日本地質鉱産誌であって地形篇,地質篇,応用地質篇からなり, 巨智部忠承, 井上禧之助・小川琢治・佐川栄次郎・田村英太郎が執筆を分担した。当時の層序区分はまだ原田のものとあまり変っていない。1900年にはパリーで第8回万国地質学会議が開催され, 百

Geology and Mineral Resources of Japan, Third Edition, Volume One, 1977 *273*
と日本地質誌の歩み

の日本の地質図が展示されたので，世界の
者の注目を惹いた1)。その英文説明書は
es of the Geology of Japan, etc. と題
年遅れて出版されたのであるが，H. B.
WARD, History of Geology, 1911, p. 94
ぎの如く述べている。
e Geological Survey of the Empire
colourprinted geological maps before
ere published officially in Britain; and
ral geological map of Japan on the
f 1 : 1,000,000, with descriptive text,
iblished in 1900."
後1926年にはマドリッドで第14回万国地質
が，東京で第3回汎太平洋学術会議が開催
，この機に2百万分1帝国地質図とその説
して The Geology and Mineral Resources
Japanese Empire とが出版されたが，そ
部として川崎繁太郎が朝鮮地質鉱産誌を執
いる。続いて昭和7年（1932）には地質調
立50年を記念して日本地質鉱産誌が出版さ
のうちに樺太から台湾に至る間の地質と鉱
する当時の知識が453頁に総括された。そ
書と2百万分1地質図とは広く地質学者に
れた。しかし本書では地質構造には殆ど触
なかった。
長克は1940年，停年退官に際して，自ら卒
Geology of Japan の編集を計画し，全
分担・協力者を求め，筆者も着々と応分の
進めたのであったが，残念乍らこの大著は
体化せずに終った。しかし幸にも高井冬二・
郎・鳥山隆三その他の諸氏の協力で Geo-
Japan が1963年に東大出版会から上梓さ

00年のパリーに於ける万国博覧会には農
商務省鉱山局が Les Mines du Japon, 530
p. を編集して Maurice de Brunoff, Paris
ら出版した。

れた。本著は本来簡潔を主旨として編集されたので279頁のうちに，附録として

Glossary of geotectonic terms of Japan
List of fossil subgenera, genera and higher taxa proposed through Japanese publications
Selected references

などがあるので地質誌としての本文は222頁に過ぎないが，各地質系統毎に研究史，分布，層序区分，主要層序等が要約されている。

ナウマン・原田の両著は日本地質誌的内容を持っているとしても，著者の地質構造論に立脚したものであった。そして鉱産について多くは述べていない。それ故地質調査所の日本地質鉱産誌は1900年に始まると言えるであろう。それは地質図の説明書として出され地質篇と鉱産篇或いは応用地質論を主体とし，地質構造発達史や，古地理などには，ほとんど触れていなかった。Geology and Mineral Resources of Japan も初めはそのような形式を踏襲していたけれども，第2版から第3版へと，特に第3版に於いて，地質構造区分や造構史を重視して来た。第3版中の選出した19の参考文献を通してこれを見ると，1941, 62, 63に各1，1968～77の間に15と未刊1となっている。そのうちの11が地質調査所の出版物であり，何れも1968以降のものである。そしてそのうちの8が各種の地質図及びその説明書である。それ故，日本の地質学界の歩みということもさることながら，調査所内に於けるこの編集に於いて第2版から第3版への大転換は各種の総合図の作業と不可分の関係があったであろう。残された鉱産誌，或いは応用地質篇がどのようなものとして生まれて来るか，私は興味をもってその出来ばえを期待している。

(1978年5月31日受理)

地学雑誌 87, 5 1978

新版古生物学の完結と地史学・古生物学書の伝承

小 林 貞 一

Palaeontology, New Edition in 4 Volumes, 1973~78 and Text-Books of Palaeontology and Historical Geology Published in Japan since the Meiji Era

Teiichi KOBAYASHI

この春新版古生物学IVが朝倉書店から出版されて，昭和48年にIが出て以来の本書に対する待望が漸く満たされた。

発行年	編　者	執筆者数	頁　数	内　容
1973	浅野　清	15人	401	1. 総　論——7. 軟体動物
1974	松本達郎	10人	441	7. 軟体動物——11. 腕足動物
1976	鹿間時夫	5人	527	12. 棘皮動物——18. 所属不明
1978	藤岡一男	8人	456	19. 古植物概説——25. 胞子・花粉

全4巻の執筆者は[illegible]人で総頁数は1825頁であって，1954，57両年に出た旧版の古生物学上下2巻，22章，[illegible]頁を14人が分担したのに比べると，3倍以上の規模になっているが，そのうち4人が新旧両版に共通しているのみで，大部分が新人の手になったもので，更にその内容を見ると文字通り新版としての様相を展示している。まず総論を見ると旧版の10頁は1人で書いているのに反して，新版では執筆者も4人となり，分類の原理・研究法・古環境・化石層序学，特に化石帯などが詳しく述べられている。それに比べると進化論の割り当てが小さいが，総頁数の制約もあろうし，殊に鹿間時夫著「進化学 古生物学からみた進化」[illegible]，朝倉書店，[illegible]年，[illegible]これを補[illegible]。各論の[illegible]は[illegible]動物[illegible]類[illegible]が[illegible]。[illegible]新版[illegible]の[illegible]が[illegible]。

[illegible]

編集責任者となって古生物学上の劃期的な大著が相次いで刊行された。また，Treatise on Marine Ecology and Palaeoecology, 1957や The Fossil Record, 1967などの貴重な総括的出版物が続出した。我国でも最近約30年間の古生物学の進歩は目覚しく，花粉学やコノドントやナンノプランクトンなどの新分野も大きく開拓された。新版古生物学はまさにこれら内外の新知識の上に立って執筆されたのである。

この古生物学新旧両版の姉妹出版物として同じく朝倉書店から出版された地史学2巻がある。旧版は昭和27，28年に10人が執筆，改訂新版が昭和42年1月と7月に執筆者14人によって著作出版された。

横山又次郎先生が化石学教科書3巻を著されたのは明治27年(1894)であった。これを古生物学と改題して明治40年に出されたが，その後間もなく絶版となった。そこで大正9年に至って先生は古生物学綱要を出版された。先生はこれらの著作と共に[illegible]に地質学教科書を，31年に前世界[illegible]出された。そして大正[illegible]年1月に前世界史を出版されたが直ちに絶版となり，6月には再版されている。この種の出版物が如何に要望されていたかはこの[illegible]事からもその一端が窺われる。当時 Karl

von ZITTEL の Handbuch der Paläontologie, 1876～93や Grundzüge der Paläontologie, 1895, E. KAYSER の Lehrbuch der Geologischen Formationskunde その他の参考文献があったとはいえ，明治・大正年間に古生物学綱要と前世界史を著作されるには，なみなみならぬ労作を要したことと思われる。特に化石の学名や地質学・古生物学上の術語はいちいち語源を調べて訳語を作っておられ，化石の分布，地層の対比などで日本およびアジアに関する部分の補筆充足は容易ではなかったであろう。これらの用語は「地質学」・「古生物学」では出来るだけ踏襲すべきである。

大正15年には早坂一郎が日本地史の研究を著し，日本の化石を地質時代の順に紹介した。次いで昭和初期には岩波講座の地質学・古生物学のうちで，地質時代ごとに，また化石の諸部類について，大勢の執筆者が思いおもいに小冊子を書いた。その夫々が興味ある参考書ではあったが，しかしこれらを通じての一貫性は欠けていた。

最近30余年間に地史学・古生物学に関する単行本は可なり多く出版された。しかし両学の全体系を示す専門書の完結は特に重要であるが仲々容易ではない。今横山先生の Petrefaktenkunde の訳ともみえる化石学教科書から古生物学綱要，あるいは Grundzüge der Paläontologie を経て，今日の古生物学，それは現生生物学，すなわち Neontology に対応する古生物学の新版が出来たのである。章別にこれを見れば多少の出来・不出来はあろうとも，全体として現在の最高水準に達していると見られる本書が今後日本の古生物学の発達に寄与するところは少くないであろう。

(1978年5月31日受理)

地学雑誌 87, 5 (1978)

日本地学欧文文献集 (明治45年 / 大正元年まで)

日本地学史資料調査委員会

Meiji and Older (~1912) Literatures of Earth Sciences of Japan in Foreign Languages in addition to some of those of related sciences and adjacent areas of Eastern Asia

Committee of History of Japanese Earth Science,
Tokyo Geographical Society

はしがき

これは1912年すなわち明治45年・大正元年からそれ以前に出版された欧文の地学文献集で，目下準備中の和漢文の明治前日本地学文献集の姉妹篇である。そのうちには海外の地学への日本人の貢献や日本近隣地域あるいは地学との関連学上の内外人の出版物も若干含まれている。とくに古い時代では自然史学的なもの，学問的というよりは旅行記というようなものも含まれている。近隣という範囲もかなり広く考えているのは，それらが日本地学の歩みとの関係を知るために参考になるからである。それらの文献は年代順に，次いで著者名の ABC 順に配列してある。この作業中に見出した古い文献の邦訳は，少数ではあるが附記しておく。Nature, Transaction of Asiatic Society その他の雑誌夫々のうちの地学論文・記事等を選出した目録も有益であるが，今回はこれを見送ることにした。残念ながらソ連関係のものが大きく欠けている。地学関係というちでは地図類や人文地理などが非常に不充分であるが，これを満すには夫々のための文献集が必要である。

資料の蒐集に当っては委員以外の方々からも助言を頂いた。編集の作業に当っては特に小野千恵子氏の御協力に負うところが甚大であった。これらの方々にはこの機会に厚く感謝する。

昭和53年7月1日

東京地学協会　日本地学史資料調査委員会

Abbreviation
AJS: American Journal of Science and Arts
CR: Comptes Rendu
GNL: Gaea, Natur und Leben, Leipzig
GZ: Geographische Zeitschrift. Leipzig
IGSJ: Imperial Geological Survey of Japan
JCB-RAS: Journal China Branch, Royal Asiatic Society. Shanghai
JCS: Jounral of the College of Science, Imperial University (1886–1897); Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo (1899–1925)
JGST: Journal of Geological Society of Tokyo
JNC-RAS: Journal North China Branch, Royal Asiatic Society. Shanghai
MDG-NVO: Mitteilungen deutschen Gesellschaft f. Natur- und Vörkerkunde Ostasiens. Yokohama
MSD-TD: Memoirs of the Science Department of the Tokio Daigaku (University of Tokyo)
MZ: Meteorologische Zeitschrift. Berlin

NTNI: Naturkundige Tidschrift van Nederl. Indië. Batavia
PGM: Petermanns geographische Mittheilungen. Gotha
PRGS: Proceedings of Royal Geographic Society, London.
QJGS: Quarterly Journal of Geological Society
TASJ: Transactions of Asiatic Society, Yokohama, Japan.
TSSJ: Transactions of Seismological Society of Japan
ZDGG: Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft

—— Marco POLO: Le Divisament dou Monde (MS). Bibliothèque nationale, Paris. Manuscrit fonds français 1116.

1574 RIGUEL, Hernando: Very true and certain accounts of that which has newly been known of the new islands of the west, and of the discovery which they mention of China, which was written by H. R. Secretary of the Governor of them. Seville, Barrera, 1574, broad sheet.

1595 Exacta et accurata delineatio cum orarum maritimarum tum etiam locorum terrestrium quae in regionibus Chinae...nec non insulae Japoniae etc. [in the British Museum]

1596 LINSCHOTEN, Jan Huygen van: Itinerario, voyage ofte schipvaert naer Oost ofte Portugals Indien. Amsterdam. 〔1639, 日本鎖国〕

1649 VARENIUS, Bernhardus: Descriptio Regni Japoniae. Amsterdam.

1650(?) BRIET, Père Ph.: Carte du royaume du Japon. Paris. [in the British Museum].

1652 SANSON: Les isles du Japon. A map. [in the British Museum].

1658 Nova et accurata descriptio JAPONIAE, terrae Esonis ac insularum adjacentium ex novissima delectione descriptio apud J. Janssonium. Amsterdam. [in the British Museum].

1680? MAGNAE Tartariae: Magni Mogolis Imperii, Japoniae et Chinae nova descriptio. A map. [in the British Museum].

1680 MONTANUS, A.: Ambassades ver les Emperenrs du Japon. Amsterdam.

1727 KÄMPFER, E.: The History of Japan. translated by J. G. SCHEUCHZER.

1730? SCHEUCHZER, G. C.: Het Koninkrijk Japan verdeelt in acht en zestig Provintien, with separate maps of Kamschatka and Niphon, London; an other edition: Amsterdam (1740?) [both in the British Museum].

1749 Carte générale de la Tartarie chinoise et des royaumes de Corée et de Japon.

1750 ROBERT: L'empire du Japon. A map. [in the British Museum].

1784 THUNBERG, C. P.: Flora Japonica. 419p., 39 Pl., Leipzig.

1794 Bericht van eene zeer zware aardbeving en daarop gevolgde alvernielende water-overstrooming, dewelke op Simabara, een schiereiland in het keizerrijk Japan, van den 10e Febr. tot den 21n Meij 1792 aanhoudende geweest is, (Maandelijkse Ned. Mercurius vol. 74 p. 100 and foll.). Amsterdam.

1794 Beschrijving van een zeer zware aardbeving op Shimabara, een schiereiland in het keizirrijk Japan welke van 10 Febr. tot 21 Mei 1792 gewoed heeft, (Nieuwe Nederlandsche Jaarboeken, **29**, p. 205 and foll.). Amsterdam.

1794 THUNBERG, C. P.: Botanical Observations on the Flora Japonica. Trans. Linnean Soc., **2**, Botany, 326-342.

1796 ——: Voyage au Japon. Paris.

1816 BONIN: De tourane au Mékong. *Bull. Soc. Géol. France, sér.* 1-4.

1818 HALL, B: Account of a Voyage of Discovery of the West Coast of Corea and Great Loochoo Islands. London.

1819-1821 ARAGON, Ildefonso de.: Descriptó geográfica y topográfica de la Isla Lusón o Nuava Castilla. Con las particularidades de las diez y seis provincias ó partidos que comprende. Manila.

1820 TILESIUS, W. G.: Sur le volcan nommé par les Japonais Coosima, situé dans le voisinage du Cap Sangar, dans l'archipel du Japon. (*Journal de physique*, **91**, 112-119).

Paris. (*Edinburgh philosophical Jour.* **3**, 349-358).

1822 JACK, W.: Extract from a letter Mr. Williams JACK, to H. T. COLBROOKE, Esq. V. P. G. S. & C. containing a notice respecting the rocks of the islands of Penang and Singapore. *Trans. Geol. Soc. London ser. 2*, 1, 165-156.

1822 THUNBERG, C. P.: Fauna Japonica. 8p., Upsala.

1823 ——: Fauna Japonica continuata. 6p., Upsala.

1824 CRAWFORD, J.: Geological observations made on a voyage from Bengal to Siam and Cochin China. *Trans. Geol. Soc. London, ser. 2*, 1-2, 406-408.

1824 SIEBOLD, P. F. von: De Historiae naturalis in Japonia statu. 16p., Bataviae.

1825 ——: Kaart van het Zuidwestlijk-Japan volgens oorspronglijk Japansche kaarten en waarnemingen der laststе reiziger, met aanmerkingen en ophelderingen.

1825 ——: Kaart van het eiland Jezo volgens eene oorspronglijk Japansche Kaart van het Jaar 1792.

1825 ——: Kaart van het eiland Jezo volgens eene orrspronglijk Japansche Kaart van het Jaar 1808.

1825 ——: Supplementa florae Japonicae.

1828 ——: Kurze Uebersicht des gegenwartigen Zustandes meiner Wissenschaftlichen Untersuchungen auf Japan.

1831 HUMBOLDT, A. de: Fragments de géologie et de climatologie asiatique.

1832-1854 SIEBOLD, P. F. von: Nippon. Leyden-Amsterdam.

1833-1850 ——(ed.): Fauna Japonica. 5 vols.

1834 GUTZLAFF, R. C.: Journal of Three Voyages along the Coast of China.

1835-1870 SIEBOLD, P. F. von (ed.): Flora Japonica.

1840 ——: Karte vom Japanischen Reiche, nach Original-karten und astronomischen Beobachtungen der Japaner.

1843 BERGHAUS, H.: Karte von China und Japan. New edition, Gotha, 1853. For earlier edition dated Potsdam 1843.

1844 HUMBOLDT, A. de: Central Asien **1**.

1844 KLAPROOTH: Vulkanische phänomene in China, auf Japan und Andern Theilen von Ost-Asien. In HUMBOLDT: Central Asien, 655-674.

1844 JULIEN, H. S.: Erläuterungen über die Kette des Thian-schan nach chinesichen Quellen HUMBOLDT's Central Asien, 553-570.

1845 TAYLOR, R. C.: On the anthracite and bituminous coal-fieldst in China, the system of mining and the prices of coal and labour in its production and transportation to Pekin. Franklin Inst. 3rd ser. no. 10, 51-57.

1846 KONINCK, L. de: Notic sur deux espèces de Brachiopodes du terrain paléozoique de la Chine. *Bull. de Akad.roy. des Sc. Lettres et Beau Arts de Belgique*, t. 13, pt. 2, 461-488.

1847 RONDOT, Nat.: Aperçu géologique l'ill Tschou-san (Tshékiang). Pamphlet, 8p. Reims, 1846; Séances Acad. Reims. 412-416.

1849 GORDON, Lieut: Observations on coal in North-East part of the Island of Formosa. *Jour. Roy. Geogr. Soc.* **19**.

1850 RUNDAL, J. W.: A chart of the empire of Japan constructed from Kaempfer. Krusenstern etc. London.

1850 STAMKART, Z. J.: Meteorologische waarnemingen op het eiland Desima bij Nangasaki op Japan. [1845-48]. Amsterdam.

1851 SIEBOLD, T. P. F. von: Kaart van de Zuid en Zuidwest kust van Japan, Kiusiu en de omliggende Eilanden, volgens oorspronkelijk Japansche Kaarten...te zamengesteld, [Leyden ?].

1852 HOFFMANN, J. et SCHULTES, H.: Noms indigenes d'un choix de Plantes du Japon et de la Chine. *Jour. Asiatique*, **20**, 257-370.

1852 SALVATAT and THELMAN: Analysis of kaolin from China. *Ann. Chem. Phys.* **31**(3),

257.

2 SIEBOLD, P. F. von: Geschichte der Entdeckungen im Seegebiete von Japan nebst Erklaerung des Atlas von Land- und See-Karten vom Japanischen Reiche und dessen Neben- und Schutzlaendern. Leyden.

3 DAVIDSON, Thomas: On some fossil brachiopods of the Devonian age from China. Proc. Geol. Soc. London, *Quart. Jour.* **9**, 353–359. 〔1854, 日本開国〕

5 GUMPRECHT, T. E.: Anthracitkohle in China. Allgm. Erdk. Berlin. 310.

6 Aardbeving in Japan, waardoor de hoofdstad Jedo is verwoest, uit de Jav. Court van 16 Jan. 1856. NTNI Nieuwe Ser. 7, 452 and foll. Batavia.

6 HEINE, Wilhelm: Reise um die Erde nach Japan an Bord der Expeditions Escorde unter Commoder M. C. PERRY in den Jahren 1853, 1854 und 1855.

6 PERRY, M. C.: Narrative of the Expedition of an American squadron to the China Seas and Japan. Washington.

6 WOODWARD, S. P.: On an *Orthoceras* from China. *QJGS.* London, **12**, 378–381.

7 BIERNATZKI, K. L.: Zur Kunde der Insel Formosa. Zeit. f. Allg. Erdk. Bd. Ⅲ.

8 LEUPE, P. A.: Reize van Maarten Gerrity. Vries in 1643 near Japan.

9 BIERNATZKI, K. L.: Die Insel Formosa. Zeit. f. Allg. Erdk. Bd. Ⅶ.

9 Meteorological Tables from observations made in Japan. *JNB-RAS*, 1.Ser. No. 3, 350 and foll. Shanghai.

0 Aufnahmen und Entdeckungen im Japanischen Meer in 1859, *PGM*, 1860, 195.

0 COURTNEY, Ch. F. A.: Temperature of Hakodadi from observations taken at the English Consulate from Oct. 1858 to Sept. 1859. *JNB-RAS*, 1 ser. 2, pt. 1. 96.

0 RICHTHOFEN, F. von.: Über den Gebirgsbau an der Nordküste von Formosa. *ZDGG*, **12**, pt. 4, 532–545

0 WILLER, E.: Map of Japan and the adjacent parts of Russia and China, scale 77 geographical miles to an inch. London.

1 DUNKER, Guilielmo: Mollusca Japonica. Descripta et Tabulis Tribus Icoum. Illastrata, P. Ⅰ-Ⅳ, 1–36, Tab. Ⅰ-Ⅲ.

1 RICHTHOFEN, Ferd. von: Bemerkungen über den geognostischen Bau der Umgebungen von Nangasaki. *ZDGG*, **13**, 243–262.

2 PERREY, A.: Documents sur les tremblements de terre et les Phenomènes volcaniques au Japon, (Mém. présentés à l'Acad. impér. des sci. etc. de Lyon, **12**, 281–390.

2 RICHTHOFEN, Ferd. von: Geologie der Insel Kiusiu, *PGM*, 1862. 188–190.

2 ——: Vorkommen der Nummuliten Formation in den Philippinen. *ZDGG*. **14**, 357–360.

3 PERRY M. A.: Document sur les Tremblements de terre et les phenomènes volcaniques dans l'archipel des Knuriles et au Kamtschatka. *Ann. d. Soc. Imp. d'agri., d'histoire nat. et des utiles de Lyon.*

3 ROBINSON, G. T.: Notes upon the hydrography and geography of Japan. *Trans. Bombay Geogr. Soc.* **16**, 19.

4 BEYRICH, E.: Ueber eine Kohlenkalk-Fauna von Timor. Abh. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 61–98, Taf. 1–3.

4 DESMAZURES, l'Abbé: Devonian fossil from Gouchouc, Tibet. C. R. Acad. Sc. France. **58**, 878.

4 GUSTAV, Spietz: Expedition nach Ostasien. Berlin.

4 HORSBURGH, J.: The Indian Directory, or Directions for sailings to and from the East Indies, China, Japan, Australia, and the interjacent ports of Africa and South America, 8th edition corrected and revised according to the most recent surveys by Ed. DUNSTERVILLE, 2 vols, London.

4 MALTE-BRUN, V. A.: Carte du Japon scale 93 geographical miles to an inch. Paris.

4 ——: Note sur la géographie du Japon, with map. Nouvelles Annales des voyages 1864 May, 212–219.

5-66 FORBES, C. S.: The western shores of Volcano Bay. *Jour. Royal. Geogr. Soc.*

36, 173 and foll. and Proc. of the same Society **10**, 169 and foll.

1865 JONES: Report made to Commander PERRY on a visit to the region of the island of Formosa. Narrative of the Expedition of an American Squadron of the China Sea and Japan etc. v. 2.

1865 MONTMORAND, B. de.: Sources thermales dans Iile Formosa. *Bull. Soc. Geogr. de paris*, 1865, 135–146, 203–205.

1866 ALLAN, H. J., Note of a Journey through Formosa from Tamsui to Taiwanfu. *PRGS* **21**.

1866 GOGH, J. van: Overzigt van de heerschende winden en daarbij waargenomen barometerstanden te Nagasaki op het eiland Desima in Japan. Verslagen en Mededeelingen der Kon. Akademic. v. Wetenschappen. *Afdeeling Natuurkunde, 2ᵈ Series* **1**, 400–415. Amsterdam.

1866 PUMPELLY, R.: Notice of an account of geological observations in China, Japan and Mongolia. *AJS* 145–149.

1867 COLLINGWOOD, C.: The sulpher spring of Northern Formosa. *QJGS* London, **23**.

1867 ——: A Boat Journey across the North End of Formosa. From Tamsui on the West to Kelung on to Northern the East. *PRGS* **11**, 167–173.

1867 Japan's Klima *PGM* 1867, 118.

1867 MAYERS, Dennys and KING: Treaty ports of China and Japan, a complete guide to the open ports of those countries together with Peking, Yedo, Hongkong and Macao: forming a Guidebook and Vademecum for travellers, merchants, and residents in general, Ⅶ, 668, XLVIII and 26 p, with 29 maps and 27 plates. Hongkong.

1867 PUMPELLY, R.: Geological researches in China, Mongolia and Japan during the years 1862 to 1865, 144p. with 9 plates, (Issued with a separate pagination in Smithsonian Contributions to Knowledge, vol. 4, Washington.)

The following chapters refer to Japan:

Chapter Ⅸ: Geological itineraries of journeys on the island of Yesso in Nothern Japan

Appendix No. 2: Analyses of Chinese and Japanese coals by James A. MACDONALD.

Appendix No. 3: Letter from Mr. Arthur Mead EWDARDS on the results of an examination under the microscope of some Japanese infusorial earths, and other deposits of China and Mongolia. 〔1868, 明治維新〕

1868 BICKMORE, A. S.: Some remarks on the recent geological changes in China and Japan. *AJS* 2nd ser. **45**, 209–217.

1868 BROOKER, E. W.: Observations of Taiwan. Nat. Mag.

1868 COLLINGWOOD, C.: On the Geographical Features of the Northern Part of Formosa and the Adjacent Islands. *QJGS* London, **24**, 91–98.

1868 HAWES: Descriptive map showing the treaty limits round Yokohama, including the province of Sagami, and portions of Kai, Idzu, Musasi ond Suruga, I sheet, London.

1868 LEGENDRE: First Visit to the Interior of Formosa. U. S. Diplomatic Correspondence for 1868.

1868 MITFORD, A. B.: Memorandum on the coal-mines of Iwanai, Island of Jesso. *QJGS* **24**, 511.

1868 SCHETLIG, A.: Reise in Formosa. *Zeit. Ges. Erdk. zu Berlin*, **3**, 385–397.

1869 ADAMS, F. O.: On the Coal-Mines of Kaianuma in the Island of Yeso. *QJGS* **25**, 253–255.

1869 BICKMORE, A. S.: Some Remarks on Recent Elevations in China and Japan, *JCB-RAS. new ser.* No. 5, 58–66.

1869 LISCHKE, C. E.: Japanische Meeres-Conchylien. Ein Beitrag zur Kenntniss der Mollusken Japans, mit besonderer Rücksicht auf die geographische Verbreitung derselben. 1–192. Mit XIV Tafeln Colarirter Abbildungen. Cassel. Verlag von Theodor FISCHER.

1869 RICHTHOFEN, G. v.: Neueste Reisen und Forschungen in China *PGM*, **15**, 321-323.

1871-72 HANN, J.: Meteorologische Beobachtungen in Japan, I (Osaka, Kanagawa, Hakodadi), II (Yokohama, Decima, Nafa). *Zeitschr. der oesterreichischen Gesell. für Meteorologie*, **6**(14), 251-253, **7**(3), 45-47. Wien.

1871 LISCHKE, C. E.: Op. cit. (1869), Zweiter Theil. 1-184. Mit XIV Tafeln.

1871 PUMPELLY, R.: Notes of Five Years Journey around the World and Residence in Arizona, Japan and China.

1872 FRIEDMANN, Dr.: Zur Beleuchtung der klimatischen Verhältnisse der ostasiatischen Kuesten. Ausland 1872 nos. 3 and 6, 49-52, 127-130. Stuttgart.

1873 COCHIUS, Dr. and Dr. RITTER: Die Solfataras von Ashinoyu und Od' shingoku. *MDG-NVO*, **1**, pt. 3, 2-5.

1873 DRASCHE, R. von: Mittheilungen aus Japan. Verhandl. Wiener Geolog. Reichsanst. 1873, pt. 13 and 1876, 306-308.

1873 Höhenbestimmungen in Japan: reprint of various articles by R. Vicars BOYLE, E. LÉPISSIER. E, KNIPPING and M. von BRANDT. *MDG-NVO*, **1**, pt. 3, 6-10 and pt. 6, 52-53.

1873 Höhenmessungen des Fusiyama in Japan. *PGM* 1973, pt. 4, p. 150 and 1874 p. 147.

1873-78 KNIPPING, E.: Monatliche meteorologische Beobachtungen in Yedo October 1872-end of 1878 with numerous tables and plates. *MDG-NVO*, **1** und **2**, pts. 1-15, at the end of each part.

1873 KNOBLOCH, A. von: Bericht aus Shirakawa-ken über die kürzlich stattgefundenen Ausbrüche des Aso-Dsan von Dec. 1872-März 1872. *MDG-NVO*, **1**, pt. 1, 22.

1873 NELSON, Lt. Com. U. S. N.: The Typhoons of September and October 1872 with a large tables. *TASJ*, **1**, 47-77.

1873 SATOW, E. M.: The geography of Japan, *TASJ*, **1**, 27-46.

1873 SCHMIDT, FR.: Die Petrefakten der Kreideformation von der Insel Sachalin. *Mém. de l'Akad. imp. des Sci. de St. Pétersbourg*, sér. 7, **19**, 37p., 8pl.

1874 A new volcano east of Japan, [N. lat 31°31′, E. long. 140°14′]. *Geogr. Magazine 1874 July*, 146. London.

1874 B [RANDT], M. von: Der Taifun vom 13ten Sept. 1874 with map. *MDG-NVO*, **6**, pt. 6, 12-13.

1874 BROWN, Capt. A. R.: Winds and currents in the vicinity of the Japanese Islands. *TASJ*, **2**, 142-154.

1874 CORNER, Arthur: Journey in the interior of Formosa. *PRGS* for 1874.

1874 FUCHS, Dr. C. W. C.: Bericht über die vulkanischen Ereignisse [in Japan] des Jahres 1873. TSCHERMAK'S Mineral.-petrogr. Mittheil. 1874, 71 and 75. Wien.
The same for 1874 (ibidem, 1875, 60 and 62).
〃 〃 1877 (〃 new ser. **1**, 107-109, 123, 135).
〃 〃 78 (〃 〃 〃 **2**, 100 and 109).
〃 〃 81 (〃 〃 〃 **5**, 109 and 118).
〃 〃 82 (〃 〃 〃 **5**, 368, 370 and 372).

1874 GRIFFIS, W. E.: The Tokio Guide, Yokohama.

1874 ——: The Yokohama Guide, Yokohama.

1874 GÜMBEL, W.: "Eine japanisches Vorkommen der Fusulinien von Kohlenkalk". Ausland, Jahrgang, 1874, S. 479.

1874 HEPBURN, Dr. J. C.: Meteorological tables from observations made in Yokohama from 1863 to 1869 inclusive, with large table. *TASJ*, **2**, 218-219.

1874 LISCHKE, C. F.: Op. cit. (1869), Dritter Theil. 1-123, Mit IX Taf.

1874 LYMAN, B. S.: Preliminary Report of First Season's Work of the Geological Survey of Yesso. Sapporo.

1874 ——: Yesso Coal. Sapporo

1874 MUNROE, H. S.: Report on Yesso Coals. Sapporo.

1874 TROUP, G.: Les provinces d'Echigo, d'Iwashiro et d'Uzen. Revue maritime et coloniale. 40, 276 and foll. Paris.
1874 ZIELINSKI, Louis de.: Notice sur les noms de couleur au Japan suivie d'observations sur le magnétisme au Japon, 11pp. Paris, 1874 CR. des Orientalistes à Paris, 1873.
1875 BLAKE, W. P.: Reports of Professor William P. BLAKE.
1875 CAPRON, H. etc.: Reports and Official Letters to the Kaitakushi.
1875 Carte de l'empire du Japon d'après les cartes originales et les observations astronomiques des Japonais, (Baie de Nagasaké). Paris?
1875 CORNER, A.: A Journey in the Interior of Formosa. *Proc. Roy. Geogr. Soc.* **19**, 515-517.
1875 DAY, Lieut. M. S.: Trigonometrical survey map of the island of Hokkaido, I sheet.
1875 Geological Survey of Hokkaido [i. e. Yezo]. Tokei. Report of progress of the Yesso Geological Surveys for 1875 and seven Coal Survey Reports by B. S. LYMAN, 211 p. 1877. -B. S. LYMAN, A General Report of the Geology of Yesso, published by the Kaitakushi, 116p. 1877. -H. S. MUNROE, Geological notes on Yezo, 111p. 1876.
1875 Kaitakushi: Reports and official letters to the Kaitakushi [i. e. "Commission for opening up and developing" and is the name of that Department of the Jap. Government, that has charge of the settlement of Hokkaido] edited by Horace CAPRON, Commissioner and adviser, and his foreign assistants, 748p. Tokei.
Contents: 1-16 W. P. BLAKF, On the mineral resources of Yesso. 41-56 and 99-116. Abstract of 1st and 2nd annual report of the Commissioner for 1871 and 72-73. 117-164.
B. S. LYMAN, Preliminary report on the first season's work of the Geological Survey of Yesso. 165-202.
H. S. MUNROE, Report on Yesso coals. 203-212. Report on the hydrographic reconnoissance of the Ishicari. river. 213-226.
Abstract of preliminary report of Mr. James R. WASSON upon trigonometrical survey of Yesso. 281-300.
Lieut. Murray S. DAY, Report of trigonometrical survey of Yesso. 301-326.
L. BOEHMER, Report of botanical journey in Yesso. 327-564.
1875 Klima von Yokohama. *Zeitsch. d. oesterreich. Gesell. für Meteorologie*, **10**, 42-43. Wien.
1875 LYMAN, B. S.: Geological Survey of Yesso. *Geol. Mag. new ser.* **2**, 190-191. London.
1875 ——: Report of a Geological Trip through Yesso. Sapporo.
1875 ——: Sketch of the nearly finished Mapping and Reports of the Geological Survey of Hokkaido. Sopporo.
1875 ——: Report of Idumisawa Oil Lands. Sapporo.
1875 ——: Report on the Yamakoshinai Oil Lands. Sappero.
1875 ——: Report of Washinoki Oil Lands. Sapporo.
1875 ——: Report of Makunbetsu Coal Field. Sapporo.
1875 MUNROE, H. S.: Report on the Cold-fields of Yeso. Sapporo.
1875 RITTCHIE, H.: Notes of a Journey in East Formosa.
1876 CAMPBELL, J. F.: Extracts from my Circular Notes. Geological and other Notes written while travelling westward and round the world [through North America, Japan, Java, Ceylon] from July, 1874 to July, 1875, 2 vols, 356+331pp. London.
1876 CORNER, A.: A Journey in Formosa. *Chinese Recorder*, 7, 117-128.
1876 DAVIDSON, G.: Abraisions of the Coast of Japan. *Proc. Californian Acad. of Nat. Sci.* **6**, 28-29.
1876 DAY, Lieut. M. S.: Report on the trigonometrical survey of the island of Hokkaido for 1875. New York.
1876 KNIPPING, E.: Ueber eine neue Karte von Japan und ihre Quellen. *MDG-NVO*, **2**, pt. 2, 20-25.

1876 LYMAN, B. S.: Report of Kayanuma Coal Field. Sapporo.
1876 ——: Poronai Coal Survey. Sapporo.
1876 ——: Nuppomanai Coal Survey. Sapporo.
1876 ——: Ishikari Coal Survey. Sapporo.
1876 ——: Report on daily progress of Yesso geological survey. 8, 107.
1876 ——: A report on the Bibai, Nuppomanai, Poronai, Ishikari, Kayanuma coal survey. 8, 101-211.
B. S. LYMAN, Report of geological trip through Yesso. 593-632.
B. S. LYMAN, Reports on the Yamakushinai, Idzumisawa and Washinoki oillands. 633-646.
B. L. LYMAN, Sketch of the nearly finished mapping and reports of the Geological Survey. 665-745.
H. S. MUNROE, Report on the goldfields of Yesso. The intermittent pages contain short official letters, reports etc.
1876 ——: Geological Map of a rough Survey of part of the Nuppomanai coalfield in Yesso.
1876 MAGET, G. A.: Contributions à la géographie médicale: Aperçu météorologique sur les îles japonaises. *Archives de médecine navale*. 26, 401-419. Paris.
1876 MUNROE, H. S.: Geological Notes. Tokyo.
1876 RACZYNSKI: Ueber die geographischen Karten der Länder des äussersten Orients und andere Documente des Handels dieser Länder in den Centralarchiven von Moscau. Russische Revue von RÖTTGER 1876 pt. 10 p. 332 St. Petersburg.
1876 REIN, J. J.: Ueber das Klima von Japan. Rectoratsrede. Marburg.
1876 ——: Der Fujiyama und seine Besteigung. *PGM* 1876 pt. 10.
1876 SCOTT, Capt.: On the winds and currents of Japan. *TASJ*, 4, 57-62.
1876 TIZARD, T. H.: Contributions to the meteorology of Japan. London.
1876 VIDAL, Dr.: Exploration du volcan Asama-Yama et des eaux minérales de Kousats, Kawara et Kami-Isobe au Japon, 36p. *Bull. de la Soc. des sci. physiques et naturelles de Toulouse*.
1877 ATKINSON, R. W.: The Water supply of Tokio. *TAST*.
1877 BRUNTON, R. H.: Map of Nippon 1876, compiled from native maps and the notes of recent travellers, in 4 sheets. London.
1877 CHURTH, A. H.: Analysis of a Serpentine from Japan. *Miner. Mag.* 1, 99-100.
1877 DRASCHE, R. von: Über eine Besteigung des Fusi-Yama. *Verhandl k. k. geol. Reichsanstalt*. Wien 1877. 26-27.
1877 ——: Der Vulcan Iwa-wasi-Yama in Japan. *Ibid*. 1877. 74-75.
1877 ——: Bemerkungen über die japanishen Vulkane Asama-Yama, Jaki-Yama, Iwa-wasi-Yama und Fusi-Yama. *Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt*, 26 and in *Tschermak's Mineralogische und petrographische Mittheilungen*, 1887 part 1, 49-60, 7 plates. Wien.
1877 GEYLER, H. T.: Ueber fossile Pflanzen aus der Juraformation Japans. Palaeontogr. 24. 221-232. Taf. 30-34.[1]

1) Of pionners' ten palaeontological articles marked by asterisks in this bibliography their plates were reproduced with nomenclatorial revison in *A Survey of Fossils from Japan Illustrated in Classical Monographs*, 1963, by T. MATSUMOTO, ed. from the Palaeotological Society of Japan as its Twenty-fifth Anniversary Volume.
GEYLER, 1877, (revised by S. ENDO)
NAUMANN, 1881, (F. TAKAI and T. SHIKAMA)
SCHWAGER, 1883, (H. FUJIMOTO and R. TORIYAMA)
MOJSISOVICS 1888, (K. ICHIKAWA)
NATHORST, 1888, (S. ENDO)
BRUN et Tempère, 1889, (T. KANAYA)
YOKOYAMA, 1890, (T. MATSUMOTO, I. HAYAMI, and K. ASANO)
NAUMANN and NEUMAYR, 1890, (I. HAYAMI, T. MATSUMOTO and K. ASANO)
NATHORST, 1890, (S. ENDO)
JIMBO, 1894, (T. MATSUMOTO).

1877 KNIPPING, E.: Bemerkung zur Kartenskizze des Weges von Tokyo bis Yumoto (Nikkoberge) und zurück bis Matsudo am Yedogawa, with 2 maps. *MDG-NVO* **2** part 12, 61-63.

1877 ——: Localattraktion auf dem Nantaisan verursacht durch magnetisches Gestein. *MDG-NVO* **2**, pt. 12, 35.

1877 LYMAN, B. S.: A general Report on the Geology of Yesso.

1877 ——: Report of Progress of the Yesso Geological Surveys for 1875, and seven Coal Survey Reports. Tokyo.

1877 ——: A Report of Progress for the First year of the Oil Survey.

1877 MILNE, J.: A visit to the volcano of Oshima. *Geol. Mag. 2nd decade* **4**(5), 7p. London.

1877 NAUMANN, E.: Die Vulcaninsel Ooshima und ihre jüngste Eruption. *ZDGG.* **19**(2). 364-391.

1877 REIN, J.: Seculare Hebung der japanischen Küste. Sitzungsber. Gesell. zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften. Marburg. 1877.

1877 RICHTHOFEN, Ferdinand Freiherrn von: China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründerter Studien, Erster Band. S. III-XVII, 1-758. 11 Tafeln.[2]

1877 TALBOT, W. H.: Meteorological observations, Yokohama.

1877 VEEDER, Rev. Dr.: Some meteorological observations in Japan, with 2 large tables. *TASG* **5**, pt. 1, 142-154. Tokio.

1878 CHAPLLN, W. S.: An examination of the earthquakes recorded at the meteorological observatory, Tôkiyò from 1875-77 with 3 large tables. *TASJ* **6**, pt. 2, 353-355.

1878 COCQUET: Terrain houiller de l'île de Yesso. *CR. Soc. industrieele dés Mines á St. Etienne*, 1878, p. 32.

1878 CORNER, A.: A tour through Formosa from South to North. *PRGS.* for 1877-1878. 53-63.

1878 FRITSCHE, Dr. H.: The climate of Eastern Asia [including Japan] translated from the German. *JNB-RAS* 12, 127-335 with 18 maps in folio. Original German work in "L. von SCHRENCK: Reisen im Amurlande, China und Japan".

1878 GODFREY, J. G.: Notes on the geology of Japan. *QJGS.* London. **34**.

1878 HATTORI, J: Destructive Earthquakes in Japan. *TASJ.* **6**, pt. 2, 249-276.

1878 HEER, O.: Beiträge zur miocänen Flora von Sachalin. *Fl. Foss. Arct.* **5**, pt. 4, *Köngl. Sv. Veten.Akad. Handl.* **15**(4).

1878 ——: Miocene Flora der Insel Sachalin. *Flora Fossilis Arctica*, **5**.

1878 HOCHSTETTER, G. J. G.: Notes on the Geology of Japan with map. *QJGS.* London **34**, 542-555.

1878 KNIPPING, E.: Das Tokio Sendai Nivellement. —Flächeninhalt der Kurilen.— Areal d. jap. Reiches. *MDG-NVO* **2**, pt. 14, 118-120.

1878 ——: Verzeichniss von Erdbeben wahrgenommen in Tokio von 1872-77. *MDG-NVO* **2**, pt. 14, 109-118. Desgleichen von November 1877-März 1881, *ibidem* **3**, pt. 24, 174-176. 1881.

1878 ——: Versuch das in Tokio wahrscheinlich zu erwartende Wetter nach täglichen Beobachtungen anzugeben. *MDG-NVO* **2**, pt. 14, 146-150.

1878 MARSHALL, D. H.: Notes on some volcanic mountains in Japan. *TASJ* **6**, pt. 2, 321-345.

1878 NAUMANN, Dr. Ed.: Ueber Erdbeben und Vulkanausbrüche in Japan, with large plate and 3 maps. *MDG-NVO* **2**, pt. 15, 163-216.

1878 REIN, J. J.: The Climate of Japan. *TASJ* **6**, pt. 3, 491-534.

1878 WAGENER, Dr. G.: Bemerkungen über Erdbebenmesser und Vorschläge zu einem

2) リヒトホーフェン, 支那 I --支那と中央アジアー, 望月勝海, 佐藤晴生訳. 東亜研究双書第14巻, 岩波書店, 昭17年。本書は China 第1巻第1篇の全訳で, 第2篇 Entwickelung der Kenntnis von China を含まない。

neuen Instrumente dieser Art. *MDG-NVO* **2**, pt. 15, 216–223.

1878 WOJEIKOFF, Dr. A.: Klima von Japan. *Zeitschr. d. österreichischen Gesell. für Meteorologie* **13**, 1-9, 25-29.

1879 DIVERS, E.: Minerals from Japan. *Chem. News*, **44**, 217.

1879 DRASCHE, Dr. R. von: Zwei geologische Reisen quer durch die Insel Nippon, with map. *Neues Jahrb. für Min. 1879*, part 1, 41–53.

1879 KNIPPING, E.: Stanford's Library map of Japan, principally compiled from Chinese documents, scale 17-6 miles to 1 inch, size 5 ft 6 inches by 4 feet 6 inches in 6 sheets, London.

1879 ——: The September Taifuns 1878 [written in English] with 12 charts and a diagram. *MDG-NVO* **2**, pt. 18, 333–366.

1879 ——: Vergleichung meteorologischer Instrumente. *MDG-NVO* **2**, pt. 17, 300–302.

1879 LYMAN, B. S.: Report of progress for 1878 and 1879. Geological Survey of Japan.

1879 ——: A Report of Progress for the Second year of the Oil Survey.[3)]

1879 MACLEOD, N.: Album and guide book of Japan from Satsuporo in the north to Kagoshima in the south, with historical and statistical notes, 12 p. with 13 illust.

1879 MAGOT: Schéma géologique de l'archipel japonais. *Revue internationale des sciences*, No. 9.

1879 MILNE, J.: The earthquake of December 3rd, 1879. Japan Gazette 1879 December 13th.

1879 ——: List of Japanese Minerals, with Note on Species which are to be New. *Miner Mag.*, **3**, 96–100.

1879 ——: A Cruise among the Volcanoes of Kurile Islands. *Geol. Mag. N. S. Dec. 2*, **6**, 337–348.

1879 MORSE, Edward Sylvester: Shell Mounds of Omori. *MSDT*, 1.

1879 NAUMANN, E.: Ueber die Ebene von Yedo, eine geographisch-geologische Studie. *PGM*. **25**, 121–136.

1879 ——: Japanische Kjaekkenmoeddinger. *MDG-NVO* **II**, 152. Ueber Wirthschaftlichen.

1879 NETTO, Kurt: On Mining and Mines in Japan. *MSDT*, 2.

1879 PASCHEN: Aus den Reiseberichten S. M. S. "Leipzig" Strom-und Meeres Temperaturbeobachtungen zwischen Yokohama und Hongkong im May 1879. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1879. Berlin.

1879 REIN, J. J.: Ueber 3 neue japanische Kartenwerke [Nihon zen dzu —Jitzu Soku— Chôsen zendzu]. *PGM* **25**, pt. 5, 190.

1879 ——: Höhenbestimmungen in Japan während der Jahre 1874 und 75, with map. *PGM* **25**, pt. 8, 292–297.

1879 REVERTÉGAT, J.: Notice météorologique sur les mers comprises entre la Chine et le Japon published by the "Dépôt des Cartes et des Plans à Paris".

1879? SCHERING: Temperaturmessungen S. M. S. "Luise" an der Oberfläche des Meeres während der Reise von Yokohama nach Hakodate und von da nach Tchifu im August 1879, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie. Berlin.

1879 VEEDER, Rev. P. W.: Visibility of mountains from Tokiyó. *TASJ* **7**, pt. 2, 86–89.

1879 ZAPPE: Der Bergbau Japans und seine Haupterzeugnisse. Berg.-Hütten und Salinenwesen im preuss. Staate, 204–220.

1880 AYRTON, W. E. and John PERRY: Determination of the acceleration of gravity for Tokio. Proceedings London Physical Society 1880, 265–276.—Philosophical Mag. 1880, **9**, 292-301 and **10**, 43-53.

1880 BRAUNS, D.: Vorläufige Notizen über Vorkommnisse der Juraformation in Japan. *MDG-NVO*. 1880. 440–442.

---

3) ライマン (1879)：日本油田調査，第2年報，中村新太郎訳 (1930-31) 新訳日本地学論文集，地球，**14**(3), 191, **14**(5), 362, **14**(6), 446, **15**(1), 70, **15**(2), 146, **15**(3), 221, **15**(4), 301, **15**(5), 377, **15**(6), 462

1880 CHAPLIN, W. S., The height of Fujinoyama. *MSDT*, 7, 58.

1880 Catalogue of the Minerals, Rocks, Fossils, Shells and Casts in the Geological Department, Imperial College of Engineering (Kobudaigaku).

1880–1884 DODERLEIN, L.: Die Liukiu Insel Amami-Oshima. *MDG-NVO* 3, (23–25), 103–117.

1880 DUPUY DE LÔME, Don Enrique, Estudio sobre la geografia del Japón. *Boletín de la Sociedad geográfica de Madrid*, 8, 258–277, 301–333.

1880 Earthquake [The] of February 22nd 1880. Japan Gazette 1880 Feb. 24th.

1880 GEYLER, H. T.: *Carpinus grandis* UNG. in der Tertiär-formation Japans. Abhandl. d. Senckenberg, Naturforschenden Gesell.

1880 KLEINMANN, Capt.: The Coast of Japan, its Hydrology and Meteorology, collected from the notes of the late Capt. Jacob VROOM and other sources: carefully revised and edited, to which are added practical hints and directions for the use of nautical men.

1880 KNIPPING, E.: Beobachtungen der Modalität des Erdbebens vom 25sten Juli 1880 am Wagner'schen Erdbebenmesser. *MDG-NVO* 3, pt. 22, 52–53.

1880–1881 ——: The great taifun of the 18th-20th of August 1880 with a chart and diagrams [written in English]. *MDG-NVO* 3, pts. 23 and 24, 90–102 and 166–170.

1880 ——: Einige Angaben über die vier letzten starken Erdbeben in Tokio. *MDG-NVO* 1880. 442–444.

1880 MENDENHALL, T. C.: Measurement of the force of gravity at Tokio and on the summit of Fujinoyama. *MSDT*, 5.

1880 ——: Report on the Meteorology of Tokio for the year 1879. *MSDT*. 3, 1.

1880 MILNE, J.: Evidence of the Glacial Period in Japan. *TASJ*. 9, 53–86.

1880 ——: Seismic Science in Japan. *TSSJ*. 1, pt. 1, 3–34.

1880 ——: The earthquake of February 22nd 1880. Japan Gazette, 1880, February 24th.

1880 NAUMANN, E.: Ueber des Vorkommen der Kreideformation auf der Insel Yeso. (Hokkaido). *MDG-NVO*, III (Hft. 21), 28–33.

1880 ——: Verhältnisse Japans und die geologische Aufname der Landes. *Verhandl. Gesell. Erk. Berlin*, 7, 33–44.

1880–1881 NORDENSKIÖLD, Adolf Erik: Meddelande om urbergens vittring på Japan, vid Hongkong och på Ceylon. Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar, No. 61, 5(5), 266–268. Stockholm.

1880 PABST, W.: Untersuchungen von Chinesischen und Japanischen zu Porzellanfabrication verwandten Gesteinsvorkommnissen. *ZDGG*. 223–244.

1880 REIN, Johann Justud: Der Nakasendo in Japan. Nach eigenen Beobachtungen und Studien. *PGM*: Ergantzungsheft 59.[4]

1880 ROSNY, L. de: Coup d'oeil sur la géographie de l'archipel japonais. 19 p. Paris.

1880 SCHÜTT, O.: Ein Beitrag zur Kenntniss der magnetische Erdkraft, [Magnetische Ortsbestimmugen in Japan]. *MDG-NVO* 3, pt. 22, 71–87.

1880 TISSANDIER, G.: Eruption d'une montagne au Japon; eruption du mont Bandaï, le 15 Juillet 1880. *La Nature* 16(802), 313. Paris.

1881 AYRTON, W. E.: Note on the periodicity of earthquakes in Japan. *TASJ* 6, 320.

1881 BRAUNS, E.: Geology of the Environs of Tokyo. *MSTD*, no. 4.

1881 EWING, J. A.: On a new seismograph. *Proc. Roy. Soc. London*, 31, 440.

1881 ——: Notes on some recent Earthquakes. *TASJ* 9, pt. 1, 40–47.

1881 FUCHS, T.: Ueber die geologische Beschaffenheit der Landenge von Suez und des Amur-Liman im nordjapanischen Meer. *Vehandl. d. k. k. geologischen Reichsanstalt*, 178–181. Wien.

1881 GRAY, Th.: On recent earthquake investigation. *Chrysanthemum*, 1881. 162–169.

4) ライン(1880)：中仙道記，中村新太郎 (1931) 新訳地学論文集，地球，16(2) 133–139，(3) 188–199，(4) 279–286

Yokohama.

1881-82 GREEN, F. M.: Report on the telegraphic determination of longitude in Japan, China and the East Indies. 73 p. Washington, publ. by the Bureau of Navigation of the Navy Dept.

1881 GUPPY, H. B.: Notes on the Geology of the Korean Archipelago. *Nature* 5, 28, 417.

1881 ——: Some Notes on the Geology of Takow, Formosa. *JNC-RAS*, 16.

1881 KNIPPING, E.: Itenerary map. Kanagawa to Oyama and Hakone, also Mishima and Subashiri Yokohama, 1881. Author's English translation "Grundriss...von Kanagawa zu den Oyama und Hakone Gebirgen bis Mishima und Subashiri". *PGM*. 1881.

1881 MENDENHALL, T. C.: Report on the meteorology of Tokio for the year 1880. *MSDT*, 7.

1881 ——: On a determination of the force of gravity at the summit of Fujiyama. *AJS*, 3rd series 21, 99-103.

1881 ——: Measurements of the force of gravity at Tokio and on the summit of Fufi no yama, 17 p. Forms No 5 *MSD-TD*.

1881 MILNE. J.: Evidences of the Glacial Period in Japan. *TASJ* 9, pt. 1, 53-86.

1881 ——: The volcanoes of Japan, 8 articles. Japan Gazette 1881 December 31st, 1882 April 15th, Sept 30th etc.

1881 ——: The earthquake of December 23rd, 1880. *Chrysanthemum*, 1, 73-79.

1881 ——: The earthquake of July 5th, 1881 at 6 a. m. Japan Gazette 1881 July 23rd.

1881 ——: A portion of the seismological apparatus used in Japan; 16 photographs with printed explanations. Tokio.

1881 ——: and T. GRAY: Earthquake Observations and experiments in Japan. *Philosophical Magazine 5th ser.* 12, 356-377.

1881 NATHORST, G. A.: Forützkickardt meddelende om Tertiärflores vid Nagasaki pa Japan, *Geol. Fören. i Stockholm Förhandl.* Nir 68, 5.

1881 NAUMANN, E.: Ueber japanische Elephanten der Vorzeit. *Palaeontogr.* 28, Lief. 1, 1-40, Taf. 1-7*.

1881 ——: Ueber des Vorkommen von Triasbildungen im nördl. Japans. *Jahrb. k. k. Reiches-anst. Wien*, 31, 519-528.

1881 ——: Triasformation im noerdlichen Japan. *MDG-NVO* 3, pt. 25, 205-209.

1881, 1886 REIN, J. J.: Japan nach Reisen und Studien. 2 Bde. Leipzig.

1881 ROCKWOOD, jun. C. G.: Japanese Seismology. *AJS*. 3rd ser. 22, 468-478.

1881 SATOW, E. M. und A. G. S. HAWES: A Handbook for travellers in Central and Northern Japan, 489 p. with maps and plans, Yokohama, 1881. 2nd edition revised 586 and 72 p. with maps and plans. London.

1881 SCHÜTT, O.: Zur topographischen Skizze des Weges von Nikko nach Ikao, with large map. *MDG-NVO* 3, pt. 25, 202-203.

1881-84 Scientific Museum, Department of Science, University of Tokyo.
Catalogue of the Japanese Minerals. 17 pp. 1881.
Catalogue of Palaeontological Specimens. 46 p. 1881.
Catalogue of Collection of Minerals (A) 101 p. 1882, (B) 20 p. 1882, (C) 7 p. 1881.
Catalogue of Minerals illustrating Physical Properties. 43 p. 1882.
Catalogue of Specimens of Historical Geology, 178 p. 1882.
Catalogue of Lithological Specimens, 58 p. 1884.

1881, 84 Typhons des mers du Japon. *Revue maritime et coloniale* 68, 234, 82, 1884. 330.

1882 B. J.: Earthquakes and water. *Chrysanthemum* 2, 241-244. Yokohama.

1882 FELIX, J.: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Coniferenhölzer. Aldolf Engler Botanische Jahrbücher, 1882, 2, Hft. 3, 260-280.

1882 ——: Studien über Fossile Hölzer. Leipzig.

1882 GUPPY, H. B.: On the Geology of the Neighbourhood of Nagasaki, with sketch map. *JNB-RAS* 17, 23-24.

1882 KNIPPING, E.: Itinerary map of a summertrip from Nikko or Hachiishi through Iwashiro and Echigo and back through Kotsuke and Shimotsuke. Yokohama.

1882 LEYSNER, Ad.: Klima von Niigata. *MDG-NVA* **3**, pt. 27, 319-322.

1882 METCHNIKOFF: Contributions à la connaissance géologique du Japon. *CR. des séances de l'Acad. des Sci.* **94**, 146 and 147. Paris.

1882 MILNE, J.: Seismology in Japan. *Nature* **26**, 627-631.

1882 ——: Earthquake literature of Japan, 7 articles. Japan Gazette in 1882.

1882 ——: A note on earthquake motion. *Chrysanthemum* **2**, 289-297.

1882 ——: Notes on the Volcanoes of Japan. Japan Gazette 1882 Febr. 4th and 11th.

1882 ——: Reports of the Committee appointed for the purpose of investigating the earthquake phenomena of Japan. Ist (in Reports of British Association for the advancement of science, York meeting in 1881. 200-204), 1882. IInd (ibidem, Southampton meeting in 1882. 205-212), 1833. IIIrd (ibidem, Southport meeting in 1883. 211-215), 1884. IVth (ibidem, Montreal meeting in 1884), 1885. Vth (ibidem, Aberdeen meeting in 1885. 362-380), 1886. VIth (ibidem, Birmingham meeting in 1886), 1887.

1882 NATHORST, A. G.: Bidrag till Japan's fossila flora Vega expeditionens. La Instit. Vetenskapliga Fadttagel Stockholm. II, 121-225, Taf. 1-19.

1882 RICHTHOFEN, F. v.: China. Zweiter Band. iii-xvi, 1-792. 8 Tafeln.

1882 SCHÜTT, O. H.: Topographische Skizze des Vulkan's Fuji und seiner Umgebung, with large map and four plates. *MDG-NVO* **3**, pt. 27, 275-282. Bemerkungen dazu von Dr. C. GOTTSCHE, (ibidem, pt. 28, 363-365), 1883.

1882 TANAKADATE, A., R. FUJISAWA and S. TANAKA: Measurements of the force of gravity at Sapporo [Yesso] 21 p. Tokio.

1882 WADA, T.: Notes on Fujiyama. *TSSJ* **4**, 31-37.[5]

1883 BRAUNS, D.: Die Insel Yezo. *Verh. d. Gesel. f. Erdk. Berlin*, **10**.

1883 ——: Ueber japanische diluviale Säugethiere. *ZDGG*. **35**, 1.

1883 Carte du Japon, Offerte aux abonnés des "Missions catholiques". *Missions catholiques* 15(757), 587-588. Lyon.

1883 ETTINGSHAUSEN, C.: Zur Tertiärflora Japans. Sitzungsber. k. Akad.

1883 EWING, J. A.: Earthquake measurement. *MSDT*, **9**.

1883 GEYLER, Theodor: Ueber eine japanische Tertiärflora. Mitteilungen des Vereing für Erdkunde zu Halle, 28-31.

1883 GOTTSCHE, C.: Die Devon Formation auf Formosa. *MDG-NVO*, **3**.

1883 ——: Notes on the geology of Japan. *Science* **1**, 166-167.[6]

1883 HUSSAK, E.: Über den Cordierit in vulkanischen Auswürflingen. *Sitzb. d. Kris. Akad. d. Wiss.*, Wien, 87 p. 333.

1883 KLEINWACHT, G.: Researches into the geology of Formosa. *JNC-RAS*. **18**, 37-53.

1883 LYDEKKER, R.: Note on the probable occurrence of Siwalik strata in China and Japan. *Rec. Geol. Surv. India*, **16**, pt. 3, 158-161.

1883 NATHORST, G. H.: Zur fossile Flora Japans. *Palaeontolog. Abhandl*, **9**.

1883 ——: Contributions à la flore fossile du Japon. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* **20**, 2-91, pt. 1-16.

1883 ——: A Propos de la flore fossile du Japon. *Ann. Sci. Nat.* 6 ser. Bot. t 15.

1883 NAUMANN, E.: Neue Beiträge zur Geologie and Geographie Japans. *PGM*. Ergänzungsheft Nr. 108.

1883 ——: Notes on secular changes of magnetic declination in Japan. *TSSJ* **5**, 1-18.

1883 PALMER, Lieut-Col. H. S.: The typhoons of the Eastern Seas; a review of Decheverens yearly publication. Reprinted from the "Hongkong Telegraph" 1883.

1883 RICHTHOFEN, F. v.: China. Vierter Band. Palaeontologischer Theil enthaltend Ab-

5) 和田維四郎(1882):富士山雑記, 中村新太郎訳 (1931) 新訳地学論文集, 地球, **16**(1) 57-63

6) ゴッチェ (1883) 日本地質略記, 中村新太郎訳 (1930) 新訳日本地学論文集, 地球, **13**(6) 435-439

handlungen von Dr. WILHELM DAMES, Dr. EMANUEL KAYSER, Dr. G. LINDSTRÖM, Dr. A. SCHENK und Dr. CONRAD SCHWAGER. 1-288 mit 54 Tafeln.

1883 ROESING, B.: Reiseskizze des Weges von Yamagata bis Innai, with coloured map. *MDG-NVO* **3**, pt. 30, 390-392.

1883 SCHWAGER, C.: Carbonische Foraminiferen aus China und Japan. Rchithofen's China, **4**, 106-159, Taf. 15-18*.

1883 STAUB, M.: Japan fossil Flóraja. Földt Közl. Budapest.

1883 STEETS, Th. S.: A four year's record of earthquakes in Japan, studied in their relation to the weather and seasons. *AJS.* 3th ser., **25**, 361-367.

1883 TALAIRACH: Etude climatologique sur la station navale des mers de Chine et du Japon. Extrait du Rapport médical sur la campagne des mers de Chine et du Japon pour 1880-81. *Archives de médecine navale*, **39**, 401-425. Paris.

1884 BAUDENS: Notice sur les typhons des mers de Chine et du Japon. *Revue maritime et coloniale*, **82**, 330-353. Paris.

1884 BRUNN, A.: Über einen Antimonit-Krystall von den Insel Shikoku, Japan. *Arch. d. Sc. Phys et nat.*, **11**, p. 514.

1884 DANA, E. S.: Ueber den Antinronglanz von Japan. Z. Cryst. **9**, 29-37.

1884 FESCA, M.: Die Aufgebau und die Thätigkeit der agronomischen Abtheilung der kaiserlich japanishen geologischen Landesaufnahame. *IGSJ*

1884 GEERTS, Dr.: Observations on the climate at Nagasaki during the year 1872 with meteorological observations. *TASJ* **3**, pt. 2, 63-73.

1884 GOTTSCHE, C.: Auffindung Cambrischer Schichten in Korea. *ZDGG*. **36**.

1884 ——: Ueber Japanisches Carbon. *ZDGG*. **36**, 653.

1884 HARADA, T.: Ein Beitrag zur Geologie des Comelico und der westlichen Carnia. *Neues Jahrb*. 1884, I. S. 52.

1884 ——: Das Luganer Eruptivgebiet. Mit Taf. I, II, Neues Jahrb. 1884, Beil. I.

1884 Japanische Kaarten uit de Nalatenschap van Mr. B. W. A. E. Baron SLOET tot Oldhuis described by Mr. L. SERRURIER. Tijdschrift van het Nederl. Aardrijkshund Genootschap, 2nd series, I. Verslagen en aardrijkskundige mededeelingen, No. 10, 717-719. Amsterdam.

1884 KLEINWAECKTER, Gerger, H. G.: Into the geology of Formosa researhes (with a geological sketch map). *JNC-RAS.*

1884 KNIPPING, E.: Wettertelegraphie in Japan with a table and facsimile of a weathermap in Japanese and English language for the 8th of Oct. 1883. *MDG-NVO* **4**, pt. 31, 11-17.

1884 KOTO, B.: Studies on some Japanese Rocks. *QJGS.* London no. 159.

1884 LEBOUR, J. A.: Le nord de Formosa et ses Mines de Carbons. *Annales d' Extrêmen Oriente* **1884**, 225-232.

1884 MILNE, J.: Catalogue of the Seismological Society's Publications, together with other recent publications chiefly referring to seismic and volcanic phenomena in Japan. *TSSJ.* **7**, pt. 2, 82-92.

1884 ——: Earthquake observatory deep in the coalmine of the island of Takahino. *American Architect and Building News*, **15**, 142. Boston.

1884 ——: Recherches sur les tremblements de terre au Japon. Congrès géologique de Berlin, printed at the "Imprimerie de l'Echo du Japon" Yokohama, 1884. Appendix to it was published in Berlin in 1885.

1884 NATHORST, G. H.: Zweiter Beiträge zur Tertiärflora Japans. (Vorläufige Mitt.). *Bot Centrabl.* **19**(3), 84-91.

1884 ——: Bemerkungen über Herrn v. ETTINGSHAUSENS Aufsatz "Zur Tertiärflora Japans". Bih. K. Svensk. vet. Akad. Handl. **9**.

1884 ——: Zur Trias-Flora Japans.

1884 NAUMANN, E.: Die kaiserlich-japanische geologische Landesanstalt nach ihren bishe-

rigen Arbeiten. *PGM.* **30**, Hft. 1, 23–29.
1884 ——: A review and supplement of Messrs. SATOW and HAWES "Handbook for Travelers in Central and Northern Japan." Tokio. 34 p.
1884 WADA T.: Ueber die geologische Landesanstalt Japans. *ZDGG* **37**, 27.
1885 BEAZELEY: Notes of an Overland Journey through the southern part of Formosa, from Takow to the South Cape in 1875. with a sketch map of the southern Formosa. *PRGS.* **7**.
1885 HASSENSTEIN, B.: Atlas von Japan, in 7 sheets coloured with 6 p. German text, in portfolio, Gotha, 1885. Ist Section containing sheets 1–4: Sued- und Central-Japan, (scale 1 by 7,500,000).
IInd Section cont. sheets 5 to 7: Nord-Nippon, Yesso und Kurilen (scale 1 by 1,000,000) and sheet 8: Uebersichtskarte (scale 1 by 7,500,000).
1885 KNIPPING, E.: Notes on the Meteorology of Japan. *TSSJ.* **8**, 86–89.
1885 LEBOUR, J. A.: Notes on some fossils from Formosa. Trans. North of England Institute of Mining and Mechanical Engineering. **34**, New Castle.
1885 NAUMANN, E.: Ueber die Geologie Japans. C. R. 3eme Sess. Congr. geol. intern. Berlin.
1885 ——: Ueber den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln Begleitworte zu den von der geologischen Aufnahme von Japan für den internationalen Geologen-Congress in Berlin bearbeiteten topographischen und geologischen Karten. 90 S. Tab. I·II. R. Friedländer & Sohn, Berlin.
1885 ——: Notiz über die Höhe des Fujiyama. *MDG-NVO*, **4**, Hft. 32, 104.
1885 ——: Ueber den Geologischer Bau der japanischen Inseln. Do. **4**, Hft. 33, 153–159.
1885 PLAYFAIR, G. M. H.: Prefectures, districts and chief towns of Japan in Chinese and romanised Japanese. *JCB-RAS* New. ser. **20**(3), 88–90. Shanghai.
1885 SAKAI, S. and E. YAMAGUCHI: Measurement of the force of gravity at Naha and Kagoshima. *AJS.* 3rd ser. **29**, 404.
1885 SÖDERBAUM, H. G.: Untersuchung eines Opals aus der Gegend von Nagasaki in Japan. Z. Kryst. **10**, 508.
1885 TYZACK, David: Notes on the coal fields and coal mining operations in north Formosa, China. Trans. of North England Institute of Mining and Mesh. Engineers, **34**, 67–77.
1885 WADA, T: Die Kaiserliche geologische Reichsanstalt von Japan. R. Friedländer.
1885 ——: Die kaiserliche geologische Reichsanstalt von Japan. Zusammenstellt für den internationalen Geologen-Congress zu Berlin. *IGSJ.*
1885 WOEIKOFF, Dr. A.: Bemerkungen über die Temperatur der ostasiatischen Inselreihe. *Oesterreichische Meteorologische Zeitschrift*, **20**, 1 and foll. Wien.
1886 CAPPELLE, H. van: Over de Geologie van Japan. Tijdschrift van het koninklijk nederl. *aardrijkskundig Genootschap, 2nd ser.*, **3**, 436 and foll. Amsterdam.
1886 Classified Catalogue of the specimens of Minerals in the Collection of Tokio Kiyoiku Hakubutsukwan.
1886 DIEFFENBACH, F.: Die Erdbeben in Japan. *Aus allen welttheilen*, **17**, 286. Leipzig.
1886 EWING, J. A.: Seismology in Japan. *Nature*, **34**, 195–196.
1886 GOTTSCHE, C.: Geologische Skizze von Korea. Gesammtsitzung vom 15. Juli. Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin XXXVI. 1–17, Mit einer Tafel.
1886 ——: Ueber Land und Leute in Korea. Verhandl. *Gesell. f. Erdkunde z.* Berlin, **13**, 5.
1886 HARADA, T.: Versuch einer geotektonischen Gliederung der japanischen Inseln. *IGSJ*
1886 KNIPPING, E.: Der Schneesturm von 30/1–2/2 1886. *MDG-NVO*, **4**, pt. 34, 188–191.
1886 ——: und K. KAWASHIMA: Hundert japanische Wetterregeln, Japanese text in Roman characters with German translation. *MDG-NVO* **4**, pt. 35, 223–229.

1886 KNOTT, C. G.: Earthquake frequency. Soc. *TSSJ*, **9**.
1886 KOTO, B.: A note on glaucophane, *JCS*, 1, pt. 1, 85–99, pl. 12.
1886 MILNE, J.: Over de aardbevings-waarnemingen in Japan, vertaalt door P. VAN DIJK. *NTNI*, **45**, 132–152.
1886 ——: Over de aardbevings-waarnemingen in Japan, translated from the English by P. VAN DIJK, 20 p. Batavia.
1886 ——: The Volcanoes of Japan. *TSSJ*. **9**, 125–169.
1886 NAUMANN, E.: Über meine topographische und geologische Landesaufnahme Japans. Verhandl. d. 6ten deutsch Geogr. Ges. zu Dresden. 17S.
1886 ROTH, J.: Beiträge zur Petrographie von Korea. Sitzungsber. k. preuss. Akad. d. Wiss. z. Berlin, 36.
1886 SEKIYA, S.: Comparison of earthquake diagrams simultaneously obtained at the same station by two instruments involving the same principle and thereby proving the trustworthiness of these instruments: *JCS* 1, pt. 1, 61–68, pl. 8–11.
1886 SIMON, G. E.: Notes sur quelques unes des recherches que l'on pourrait faire en Chine et au Japon au point de vue de la géologie et de la paléontologie. *JNB-RAS* New ser. no. 5, 85–152.
1886 SJÖGREN, H.: Untersuchungeines Opals von Nagasaki in Japan. *Geol. Fören.* Stockholm Forenhand., **7**, 130–134.
1886 Van DIJK: Over de Aardbevings-waarnemingen in Japan door J. MILNE, 2 p. text and a plate. *NTNI*, **45**.
1887 FELIX, I.: Untersuchungen über fossile Holzer 1. Holz von Phyongyang in Korea; 2, Ein zweites Exemplar von Phyongyang in Korea. *ZDGG*. **39**, 517–519.
1887 FESCA, M.: Abhandlungen und Erläuterungen zur agronomischen Karte der Provinz Kai. *IGSJ*.
1887 GEYLER, H. T.: Fossile Pflanzen aus der Juraformation Japans. *Palaeontogr.* **24**, 221–232, Taf. 30–34.
1887 HARADA, T.: Briefliche Mitteilung über die geologische Darstellung des Quanto und angrenzenden Gebiet in Japan. Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaft-en. *Math.-Naturw.* Cl. 24, nr. 17, Wien, 183–185.
1887 KEELING'S Guide to Japan; Yokohama, Tokio, Hakone, Fujiama, Kamakura, Yokoska, Kanozan, Narita, Nikko, Kioto, Osaka, Kobe etc. together. with useful Hints, History, Customs, Festivals, Roads, etc., with 10 Maps. 4th Edition revised and enlarged by A. FARSARI. p. 164. Yokohama, 1890. 3rd edition 1887.
1887 KITAO, Diro; Beiträge zur Theorie der Bewegung der Erdatomosphaere und der Wirbelsturme, *JCS* 1, pt. 2, 113–209, pl. 13.
1887 KOTO, B.: On some occurrence of piemontite-schist in Japan. *QJGS*. London. **43**, 474–481.
1887 ——: Some occurrences of Piedmontite in Japan. *JCS* **I**, 303–312, pl. 21.
1887 MILNE, J.: Messung der Tiefe im Krater des Asamajama. *PGM*, **33**, pt. 3, 90–91.
1887 ——: Important points in the History of Earthquake Investigation in Japan. *Nature* **35**, 559–560.
1887 NAUMANN, E.: The physical geography of Japan. *PRGS*, *N. S.* **10**, no. 2, 82–102.
1887 ——: Die japanische Inselwelt. Eine geographisch-geologische Skizz mit zwei Karten *Mitt. k. k. geogr. Gesell.* Wien, **30**, Neue Folge 20, 129–138, 201–212.
1887 ——: Erdmagnetismus in iher Abhängigkeit von Bau der Erdrinde. S 78. Stuttgart.
1887 SEKIYA, S.: The severe Japan earthquake of the 15th of January, *JCS* **1**, p. 3, 313–323, pl. 22–24; *Nature* **36**, 379.
1887 ——: Le tremblement de terre au Japon du 15 Février 1887. *La Nature*, **15**(740), 150–151. Paris.
1887 ——: A model showing the motion of an earthquake during an earthquake. *JCS* **1**, pt. 4, 359–362.

1887 SNOW, H. J.: Notes on the Kurile Islands. London.
1887 TAYLOR, G., How Formosa is rising. The China Review, 15, 1886-7.
1888 BOMBINI, L.: Ueber gedrehte Antimonitkrystalle von Japan. Atti della Societa Taseana di Seienze nat. in Pisa, 13, 306.
1888 HANN, J.: Temperatur- und Regenverhältnisse der japanischen Inseln, with 6 maps on one sheet. *PGM*, 34, pt. 10, 289-296.
1888 HARADA, Toyokitsi: Versuch einer Geotektonischen Gliederung der Japanischen Inseln. Einleitung zur Geologie des Quanto und der angrenzenden Gebiete. Herausgegeben von der kaiserl. japanischen Reichsanstalt, Tokyo, 1888. 1-23.[7]
1888 KIKUCHI, Yasushi: On anorthite from Miyake-jima. *JSC* 2, pt. 1, 31-47, pl. 1.
1888 KNOTT, C. G.: Earthquakes and earthquake sounds, as illustrations of the general theory of elastic vibrations. *TSSJ*. 12.
1888 ——: [A biography of] INŌ Chūkei, the Japanese surveyor and cartographer. *TASJ*, 16, pt. 2, 173-178.
1888 ——: and TANAKADATE, Aikistu: A magnetic survey of all Japan, carried out by order of the President of the Imperial University. *JCS* 2, pt. 3, 163-262.
1888 KOTO, B.: On the so-called crystalline schists of Chichibu (The Sambagawa series). *JCS* 2, pt. 2, 77-141, pl. 2-5.
1888 MARTIN, K.: Ueber das Vorkommen einer Rudisten führenden Kreideformation im südöstlichen Borneo. Samml. Leiden 4.
1888 MOJSISOVICS von Mojsvár, Edmund: Ueber einige Japanische Trias-Fossilien. *Beiträge zur Paläontologie Oesterreich-Ungarns und Orients*, 7, Hft, 2, 163-178, Taf. 1-4.*
1888 NATHORST, A. G.: Zur Fossilien Flora Japans. DAMES u. KAYSER: *Paläontol. Abhandl.* 4, Hft. 3, 197-250, Taf. 17-30.*
1888 NAUMANN, E.: Fujisan. *Jahresberichte geogr. Gesell.* München für 1887. 109-140.
1888 ——: Ueber die Geologie Japans. C. R. IIIe Sess. Congr. géol. intern. Berlin, 1885, 3e partie, 46-54.
1888 Outline map of Japan, showing principal Post, Telegraph and Railway Routes. Tokio.
1888 SEKIYA, S.: Earthquake measurements of recent years especially relating to vertical motion. *JCS* 2, pt. 1, 57-75.
1889 BRUN, J. et TEMPÉRE, J.: Diatomées fossiles du Japon. Espéces marines et nouvelles de Calcaires argileux de Sendai et de Yedo. *Mém. Soc. Phüs. et d'Hist. nat. Genéve*, t. 30. no. 9, 1-75, pl. 1-9.*
1889 GOTTSCHE, C.: Ueber den Mineralreichtum von Korea. Mitt. d. Geogr. z. Jena.
1889 HANN, J.: Klima von Sapporo, Insel Jesso während 1876-88. *MZ*, 6, 475 and foll. Berlin.
1889 KIKUCHI, Y.: On pyroxene components in certain volcanic rocks from Bonin island. *JCS* 3, pt. 1, 67-89, pl. 14.
1889 ——: Eruption of Bandai-San in Northern Japan on July 15th 1888. *AJS* 38, 247-250.
1889 KNIPPING, E.: Mittheilung über das japanische meteorologische Stationsnetz und die Veröffentlichungen des kais. japan. Central-Observatoriums. *MDG-NVO*, 5, pt. 42, 80-82.
1889 NAUMANN, E.: Die Baukrust und des Bauhandwerk Japans; Ein Vortrag gehalten im Münchner-Architecten und Ingenieur-Verein. *Deutsch Bauzeitung*. Berlin, XIII, 45-46.
1889 ——: Terrestrial magmatism as modified by the structure of the earth's Crust and proposals concerning a magnetic survey of the globe. Rep. 59th Meeting Brit. Ass. Newcastle, 1889. p. 565.
1889 ODLUM, E.: How were the coneshaped holes at Bandaisan formed? *TASJ*, 13, pt. 1, 21-40.
1889 SEKIYA, S. and KIKUCHI, Y.: The eruption of Bandai-san. *JCS* 3, pt. 2, 172, pl.

7) 原田豊吉 (1888) 関東及び其隣接地の地質叙説，中村新太郎訳(1930)，地球，13(6) 375-377

15-24.

1889 WADA, T. : Der Ausbruch des Bandai-san im Juli 1888, with 5 plates and large map. *MDG-NVO*, **5**, pt. 42, 69-75.

1889 ——: Über einige japanische Mineralien. *Sitzb. Naturf. Freude Berlin*, **17**, 79-86.

1889 ——: The volcanic eruption in Japan. *Scottish geogr. Mag.*, 5, 40-41. Edinburgh.

1889? ——: Sur le tremblement de terre du 28 Juillet 1889 dans l'Ile de Kioushou au Japon. *C. R. Acad. des Sci.*, **109**, 684 and 978-981. Paris.

1889 WARBURG, O.: Ueber seine Reisen in Formosa. *Verhand. Ges. f. Erd. zu Berlin*. **16**, 384.

1889 WHITNEY, W. N.: Concise Dictionary of the principal roads, chief towns and villages of Japan with population, postoffices etc.; together with lists of ken, kuni, kori and railways compiled from official documents, V+248 p. with large map. Tokyo.

1889 YOKOYAMA, M.: Jurassic plants from Kaga, Hida ond Echizen. *JCS* **3**, pt. 1, 1-66, pl. 1-4.

1890 CHAMBERLAIN, B. H. and MASON: Handbook for Travellers in Japan. Third edition, revised, and for the most part re-written. p. 459 text, with 15 maps. London.

1890, 93 FESCA, Max: Beiträge zur Kenntniss der Japanischen Landwirthschaft, I u. II Theile, Atlas. Berlin. (with Geological Map of the Japanese Islands).

1890 HARADA, Toyokitsi: Die Japanischen Inseln. Eine topographische-geologische Uebersicht. Erste Lieferung. Mit 5 Kartenbeilagen. Herausgegeben von der Kaiserlich Japanischen Geologischen Reichsanstalt. Berlin. Verlag von Paul Parey. 1-126. 1 Tab. 5 Karten.

1890 JIMBO, K.: Explanatory Text to the Geological Map (Scalae 1 : 1,500,000) of Hokkaido. 52 p., Sapporo.

1890 KIKUCHI, Y.: On cordierite as contact mineral. *JCS* **3**, pt. 4, 313-334, pl. 28.

1890 KNIPPING, E.: Föhn bei Kanazawa, with plate. *MDG-NVO*, **5**, pt. 44, 149-156.

1890 ——: Temperatur und Winde an der Ostküste von Jeso. *NZ*, **7**, 77.

1890 ——: Korrespondierende Beobachtungen auf dem Gozaishogadake und in Yokkaichi, Japan. *MZ*, **7**, 188 and foll.

1890 KNOTT, C. G.: Note on Bandai-san. *TSSJ*, **13**.

1890 NATHORST, G. H.: Beiträge zur mesozoischen Flora Japans. Denkschr. *Math.-Naturw. Cl. Kaiserl. Akad. der Wissensch.* **57** : 41-60, Taf. 1-6.*

1890 NAUMANN, E.: Bilder aus Japan. Westermann's Monatsheft. Braunscheig. 72, 484-508.

1890 ——: und NEUMAYR, M.: Zur Geologie und Paläontologie von Japan. *Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien. Math. Naturw. Kl.* 57, 1-42.*

1890 SETON KERR, H. W.: Handy guide book to the Japanese Islands. p. 152, with maps and plans. Hongkong.

1890 YOKOYAMA, M.: Versteinerungen aus der japanischen Kreide. *Paläontogr.* **36**, 159-202, Taf. 18-25.*

1891 Catalogues of Mineralogical, Lithological and paläontological Specimens in the Natural History Department of the Imperial Museum. 229 p.

1891 DAVISON, C.: On the distribution in space of the accessory shocks of the great Japanese earthquake of 1891 with 8 maps. *QJGS London.*, 53, 1-15.

1891 GOLOWNIN, R. N.: Recollections of Japan. London.

1891 HANN, J.: Einige Resultate stündlicher meteorologischer Beobachtungen auf dem Gipfel des Fuji in Japan. *Sitzungzber. d. k. k. Akad. d. Wissen. Wien, Math.-naturw. Cl.*, **100**, part IIa 1248-65.

1891 HOLLAND, T. H.: Notes on Rock-specimens collected by W. GOWANLD, in Korea. *QJGS. London*, **47**.

1891 JOHNSTON, W. A. Keith: Touristmap of China and Japan, one sheet and index of 2972 names. London.

1891 KNIPPING, E.: Korrespondierende Beobachtungen auf der Fuji-Station und an den

drei Tieflandstationen vom 4–6 September 1887. *MZ.* 8, 426. Berlin.
1891 KNOTT, C. G.: Notes on the summerclimate of Karuizawa. *TASJ*, 19, pt. 3, 565–577.
1891 MILNE, J. and BURTON, W. K.: The Great Earthquake in Japan, 1891. 1–10, pl. 30.
1891 NAUMANN, E.: Neuere Arbeiten der k. japanischen geologischen Reichsanstalt. Das Ausland 1, 357, 374.
1891 SEKIYA, S. and OMORI, F.: Comparison of earthquake measurements made at a pit and on the surface ground. *JCS* 4, pt. 2, 249–286, *TSSJ* 16, 19–48.
1891 TENNANT, H.: The great earthquake in Japan on October 28th, 1891. Shanghai.
1891 TOMITA, G.: Tourist's Guide and interpreter with general information for travellers in Japan, with numerous illustrations to which are added railway-timetable and railway map, Yokohama.
1891 TSUBOI, Shogoro: Notes on the discovery of more than two hundred ancient artificial caves near Tokyo. Asiatic Quarterly Review.
1891 YOKOYAMA, M.: On some Cretaceous fossils from Shikoku. *JCS* 4, pt. 2, 357–366, pl. 40.
1891 ——: On some fossil plants from coal-bearing series of Nagato. *JCS* 4, pt. 2, 239–247, pl. 32–34.
1891 WARBURG, O.: Eine Reise nach den Bonin- u- volcanoinseln. *Verh, d. Ges. f. Erdkunde Berlin.*
1892 ASMUSSEN, P.: Formosa. Deutscher Geogr. Blätter. Bremen XV.
1892 Earthquake [The Great] in Japan, October 28th 1891, being a full description of the disasters resulting from the recent terrible catastrophe, taken from the accounts in the "Hiogo News" by its special correspondent and from other sources, 64 p. with 12 plates from photographs and 4 fullpage etchings by G. BIGOT, with 2 maps. Kobe.
1892 Earthquakes in Japan. *Scottish Geographical Magazine* 1885, May. Edinburgh.
1892 GUENTHER: Das grosse japanisch Erdbeben. Ausland, 1892. 15 München.
1892 HART, Mrs. Ernest: The great earthquake in Japan, 5 p. with illustrations and map. Leisure Hour no. 484, London.
1892 ——: The recent earthquake in Japan. *Eastern and Western Review*, 1, pt. 3, 4 p. London.
1892 JIMBO, K.: General geological sketch of the Hokkaido, 79 pp, with a map, geologically coloured, scale 1 : 5000000 and a smaller map, showing the distribution of the volcanoes. Sapporo, 1892.
1892 KOTO, B.: The Archaean formation of the Abukuma plateau. *JCS* 5, pt. 3, 197–293, pl. 22–27.
1892 MILNE, J.: The great Earthquake in Japan 1891. An album of 29 photographs by Prof. BURTON, with 71 p. descriptive letterpress by the author and map of Japan, 1st and 2nd edition. Yokohama.
1892 ——: and W. K. BURTON: The volcanoes of Japan with 10 collotype illustrations by K. OGAWA, from photographs by the authors. Part I Fujisan, 31 p. text and 10 plates.
1892 Report of Earthquake Observations in Japan. 43 p. with 31 maps. Tokyo.
1892 SCRIBA, Dr. med. J.: Eine Expedition nach den Erdbebenbezirken. *MDG-NVO* in Tokio, 5, pt. 48, 375–383.
1892 STONE, J. B.: On the Great Highway: No. 1: Earthquakes in Japan. A visit to Bandai-San. 64 p. with 9 photographic plates. No. 2: Visit to the active Island volcano of Oshima, 49 p. with 9 photographic plates. London.
1893 HAHN, A.: Topaz von Japan. *Zeit, Krist.*, 21, 334–337.
1893 Imperial Geological Survey of Japan, with the articles exhibited by the Geological Survey at the world's Columbian Exhibition, 1893. Chicago. 40 p. 3 map.
1893 KOTO, B.: On the cause of the great earthquake in Central Japan, 1891. *JCS* 5, pt. 4, 295–353, pl. 28–35.

1893 LOCZY, Ludwing, v.: Beschreibung der geolog. Beobachtungen und deren Resultate. Wissenschaftliche. Ergebnisse der Reise des Grafen Béla SZECHENYII in Ostasien, 1877–1880. 1.

1893 LYMAN, B. S.: A Journey round Yezo and up its Largest River. *Roy. Geogr. Sec. London.*

1893 MILNE, J.: Notes on a journey in North-east Yezo and across the Island. Roy. Geogr. Soc. London.

1893 NAUMANN, E.: Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. *PGM.* Ergänzungsheft 23, Nr. 108, 45.

1893 NOETLING, F.: Carboniferous fossils from Tennasserim. *Rec. Geol. Surv. India,* 26, 96–100, 1 pl.

1893 SUPAN, Dr. A.: Ergebnisse der japanischen Erdbebenstatistik. *PGM,* 39, pt. 1, 15–17.

1893–99 SZECHÉNYI, Graf Béla: Die wissenschaftliche Ergebnisse der Reise in Ostasien, 1877–1880. 3 Bände übersetzt von Ungaren, Wien, 1893–1899, Bd. 4, 1893, 1899.

1893 TANAKADATE, A. and NAGAOKA, Hantaro: The disturbance of isomagnetics attending the Mino-Owari earthquake of 1891. *JCS* 5, pt. 2, 149–192, pl. 15–21.

1894 BECK, R.: Ueber die Ursache des grossen Erdbebens in Mittel-Japan im Jahre 1891 nach B. Kotō: illustrated. *Himmel und Erde,* 6, 153–163. Berlin.

1894 COLLINGRIDGE, G.: The early cartography of Japan with reproduction of two maps. *Roy Geogr. Soc.* 3, 403–409. London.

1894 Das grosse Erdbeben vom 28. X. 1891 in Japan und seine Ursache, with 2 plates. *GNL* 30, 3–5. Leipzig.

1894 DAUBRÉE, A.: L'étude des tremblements de terre au Japon *L'Astronomie,* 13, 371. Paris.

1894 DAUTREMER, J.: Nikko passé et présent, guide historique. 100 p. with illus. and maps. Tokyo.

1894 HERRICH, A.: Neue Specialkarte von Korea, Nordost-China und Süd-Japan mit Plänen der Haupstädte Seoul, Peking, Tokio und deren weiteren Umgebungen nach den neuesten russischen, englischen, franzoesischen und deutschen Quellen bearbeitet, scale 1 : 4,500,000. Glogau.

1894 JIMBO, K.: Beitrage zur Kenntniss der Fauna der Kreideformation von Hokkaido. DAMES und KAYSER: *Palaeontol. Abhandl. Neue Folge,* 2, 1–48, Taf. 1–9.*

1894 ——: Unsere geologischen Kenntnisse von der Insel Hokkaido in Japan. *Verhand. Russisch k. Min. Ges. St. Petersburg,* 2 Ser. 31, 305–311.

1894 KNIPPING, E.: Die jährliche Periode der mittleren Richtung der Winde, unteren und oberen Luftströmungen in Japan. 72 pp. with table and 2 plates. *Nove acta der kais. Leopol-Carol. deutsch. Akad. der Naturforscher,* 61, 217–288. Halle.

1894 KOTO, B.: The great earthquake in Japan, 1891. *Geogr. Jour.* 3, March, 213-216. London.

1894 MAAS, G.: Das mitteljapansiche Erdbeben von 1891; with illust. and a map. *Naturwissenschaftliche Wochenschrift.* 9, 289–294. Berlin.

1894 MATHEW, W. D.: On Topaz from Japan. *School of Mines, Quarterly,* 14, 53.

1894 NISHIWADA, Kyugaku: On some organic remains from the Tertiary limestone near Sagara, Totomi. *JCS* 7, pt. 3, 233–243, pl. 29.

1894 OMORI, F.: On the after-shocks of earthquake. *JCS* 7, pt. 2, 111–200, pl. 4–19.

1894 PRESTWICH, J.: The great Japanese earthquake. *Geol. Mag. New Ser., decade 4,* 1, 191–192.

1894 VILLARD, R. de: A Map of Formosa. Scale 1 : 700,000 or 11 stat, miles to an inch. Drawn from the Imperial Chinese Government, Shanhai.

1894 YOKOYAMA, M.: Mesozoic plants from Kozuke, Kii, Awa and Tosa. *JCS* 7, pt. 3, 201–231, pl. 20–28.

1895 BRAUN. A.: Japanische Thermen. *Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik.* 17, 344–350. Wien.

1895 CAMPBELL, Rev. W.: On the Name "Mount Morrison" Formosa. Chinese Record.

1895 GRABLOVITZ, G.: Sui terremoti giapponesi del 22 marzo 1894. *Atti della Reale Accademia dei Lincei Rendiconti, Classe di scien. fisic., mat. e nat. ser 5,* 4, 376–382. Roma.

1895 HANN, J.: Tägliche und jährliche Periode der Erdbeben in Japan. *MZ,* 12, 159–160. Wien.

1895 HIKI, Tadasu,: Note on the topaz from Mino. *JCS* 9, pt. 1, 69–76, pl. 5.

1895 KITAO, D.: Beiträge zur Theorie der Bewegung der Erdatomospäre und Wirbelstüreme (Dritter Abhandlung). *JCS* 7, pt. 5, 293–402.

1895 MILNE, J.: Abstract of the XIVth Report to the British Association on the earthquake and volcanic phenomena in Japan. *Geol. Mag. New Ser., decade 4,* 2, 84–86. London.

1895 NATHORST, A. G.: Om orsakerna till det stora jordskalfvet i mellersta Japan 1891 (Ymer Tidskrift utg af Svenska säldkapet för antropologi och geografi. 14, 17–24. Stockholm.

1895 REBEUR-PASCHWITZ, E. v.: Europäische Beobachtungen des grossen japanischen Erdbebens vom 22sten März 1894 und des venezuelischen Erdbebens vom 28sten April 1894 nebst Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Erdbeben. *PGM* 41, 13–21, 39–42.

1895 SEKIYA, S. and OMORI, F.: The diagram of the semidescructive earthquake of June 20th, 1894 (Tokyo). *JCS* 7, pt. 4, 289–292, pl. 30.

1895 WADA, Y.: Les tremblements de terre au Japon; with two maps, *Revue française du Japon.* 4, 159–168, 209–220. Tokyo.

1895 YAMAKOSHI, M.: A Comparative List of Chinese and English Names of Formosa and Pescadore Islands. Tokyo.

1896 BERDROW, W.: Die Fossa magna und das japanische Schüttergebiet. Prometheous, year 7, 167–169, 180–183. Berlin.

1896 CHIKASHIGE, M.: The atomic weight of Japanese tellurium. Trans. Chem. Soc., 1896, 881–884, London.

1896 DAVISON, Ch.: The diurnal variation of wind-velocity at Tokio; illustrated. *Imperial Quart. Review Meteor. Soc.,* 22, 38–41. London.

1896 FESCA, M.: Vulkanische Aschen, vulkanischer Schlamm und durch Solfataren zersetzte Gesteine. *MDG-NVO,* 6, pr. 57, 343–351.

1896 FROC, L.: The "Iltis" typhoon, July 22nd-25th, 1896. 27 and 19 p., 2 plates. Zikawei.

1896 ——: Typhoon Highways in the Far East. No. 1. Across the south end of Formosa Strait, 40 p., 4 table. Zi-ka-wei.

1896 Great seismic wave in Japan of June 15th 1896. Official reports and statistics, accounts of eye witnesses, experiences of survivors etc. of the appalling catastrophe in the N. E. coast, 47 p., 2 plates, a coloured maps. Yokohama.

1896 Imperial Museum: Catalogue of Mineral and Rock Specimens of Japan in the Natural History Museum of the Imperial Museum. (Exhibited by T. WADA). 60 p.

1896 KLEIN, Dr.: Die Taifune des chinesischen und japanischen Meeres in Wirklichkeit und in the Phantasie. *GNL,* 32, 670–673. Leipzig.

1896 KURITA, A.: Coal and Iron deposits of eastern China. *Eng. & Min. Jour.* 65, 491; *Zeits. f. prakt. Geol.* 331; *Coll. Gurad.* 75 p. 804.

1896 LIÈVRE, D.: Der Ausbruch des Vulkans Kirishima in Japan vom 15, III., 1896. German translation by A. SARTORI. *Mittheil. Geogr. Gesell. und Naturhistorischen Museums in Lübeck, 2nd ser.* 12 & 13, 62–71.

1896 ——: Une éruption volcanique au Japon: Higashi Kirishima, au 15 mars 1896; with 6 plates and 2 maps. *Bull. Soc. géogr. commerciale au Hâvre.* 13, 185–212.

1896 MACKY, G. L.: From far Formosa: The Land, its People and Mission Chap. 6,

Geology. With a geological sketch map of the northern part of Formosa.

1896 MILNE, J.: Volcanic and earthquake phenomena of Japan. *Trans. & Proc. Japan Society*, 3, 2-5. London.

1896 ——: The great sea-waves in Japan, illustrated. *Geogr. Jour.* 8. Aug. 157-160. London.

1896 OMORI, F.: Sulle repliche del gran terremoto giapponese de 1894. *Bolletrino della Società sismologica italiana*, 2, 152-155. Modena.

1896 ——: Nota sul terremoto di Tokio del 20 giugno 1894. *Ibid*, 2, 180-188.

1896 ——: Sull' intensità e sull' ampiezza del movimento nel gran terremoto giapponese del 28 ottobre 1891. *Ibid*, 2, 189-200.

1896 Overstroomingen (De grote) in Japan: illustrated. Tijdschrift Koninklijk Nederlandsch Aardrijkundig Genootschap, 215-216. Leide.

1896 SCIDMORE, E. R.: The recent earthquake wave on the coast of Japan in 1896. *National Geogr. Mag.*, 7, Sept. 285-289. Wrshington, D. C.

1896 TAMAI, K.: Erdbeben und Flutwelle in Japan vom 15ten Juni, 1896. *Glubus*, 70, 131. Braunschweig.

1896 Tidal wave in Japan in 1896. *Dublin Review*, 119=*New Ser.* 36, Oct., 433-434. London.

1897 ALBRECHT, Th.: Über die Wahl der Stationen für den internationalen Polhöhendienst.
II. Seismische Verhältnisse, I: Japan.
III. Meteorologische 〃 I: 〃 Verhandlungen der Lausanne Conferenz von 1896 der permananten Commission der Internationalen Erdmessung, Berlin, 1897, 137-139, 140-145.

1897 ALGUÉ, J.: Baguios ó ciclones filipinos, Manila, 1897.

1897 BERGHOIZ, P.: Der Iltis-Taifun vom 22-25sten Juli, 1896. *MZ*, 14, 186-188. Wien.

1897 DAVISON, C.: On the effect of the great Japanese earthquake of 1891 on the seismic activity of the adjoining districts, illustrated. *Geol. Mag. New. Ser. decade*, 4, 23-27. 1897.

1897 Die grosse Erdbebenwelle an der japanischen Küste; translated from an article in "Nature". *GNL*, 33, 23-26.

1897 Imperial Geological Survey of Japan, with a Catalogue of Articles and Analytical Results of the Specimens of Soils exhibited at the Seventh International Geological Congress, St. Petersburg, Russia. 47 p.+28 p.

1897 IWASAKI, C.: On the Orthoclase Crystals from Shinano. *JGST*, 5, 1-4.

1897 KNOTT, C. G.: Frequencies of Japonese earthquakes analyzed harmonically. *Proc. Roy. Soc.* 60, 457-466. London.

1897 LOCZY, L. v.: Op. cit. III. Die Beschreibung des Gesammelten Materials.

1897 MONTESSUS de Ballore, F. de: Le Japon sismique; with a map. *Archives des sciences physique et naturelle, 4th ser.*, 3, 125-146 and 209-230. Genève.

1897 NAUMANN, E.: Geotektonik und Erdmagmatismus. Verhandl. XII Deutsch. *Geographen. Jena.* 142-166.

1897 NISHIWADA, K.: Useful Minerals of Korea. *Korean Repository*, 4.

1897 REDLICH, K. A.: Topaz von Mino. *Min. Petro. Mitt.*, *N. F.*, 16, 536-537.

1897 REIN, J. J.: Das Seebeben von Kamaishi am 15ten Juni 1896; with diagrams and a map. *PGM*, 43, 34-37.

1897 ——: Erd- und Seebeben von Kamaishi an der Nordostküste der japanischen Insel Hondo. Verhandlungen der 68sten Versammlung der Gesell. deutsch. Naturforscher und Ärzte zu Frankfurt. a. M. in 1896. 2, part 1, 241-242.

1897 YAMASAKI, Naokata: On the piemontite-rhyolite from Shinano. *JCS*, 9, pt. 2, 117-122, pl. 6.

1898 DOBERCK, W.: The law of storms in the Eastern seas. 40 p., with illust. and maps, Hongkong. Froms no. 3 of the Hongkong Observatory Report.

1898 FLIEGEL, G.: Die Verbreitung des marinen Obercarbon in Sud- und Ost-Asien. *ZDGG.*

385–408, pl. 14.

1898 GROSSER, P.: Geologische Reisebriefe; with 2 plates. pt. 10, Der Bandai-san auf Honshiu; pt. 11: Der Shirane-san bei Chuzenji. *GNI*, **34**, 9–15.

1898 MICHAEL, R: Ueber Kreidefossilien von der Insel Sachlin. *Mém. l'Acad. imp. des Sci. St.-Pétersb. sér. 7*, **19**.

1898 NAUMANN, E.: Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. *PGM.* Ergänzungshef Nr. 108.

1898 SUESS, E.: Das Antliz der Erde, **2**.

1898 VERBEEK, R. D. M.: Die Geologie von Java. *PGM.*

1899 ALGUÉ, J.: Les cyclones aux Philippines et dans les mers de Chine. Etude théorique et pratique. *Annales hydrographiques*, 61–198.

1899 BERGHOIZ, P.: Die Taifune in den ostasiatischen Gewässern nach DOBERCK's Law sof storm. *GNL*, **35**, 27–30, 76–84.

1899 JIMBO, K.: Notes on the minerals of Japan, *JCS* **11**, pt. 3, 213–281.

1899 KOTO, B.: On the geologic structure of the Malayan Archipelago. *JCS* **11**, pt. 2, 83–120, pl. 1.

1899 OMORI, F.: Horizontal pendulums for the mechanical registratior of seismic and other earth movements. *JCS* **11**, pt. 3, 121–145, pl. 2–12.

1899 ——: Note on the preliminary tremor of earthquake motion. *JCS* **11**, pt. 3, 147–159, pl. 13–16.

1899 ——: Notes on the Earthquake Investigation Committee catalogue of Japanese earthquake. *JCS* **11**, pt. 4, 389–437, pl. 26–37.

1899 ——: and HIRATA, Kan: Earthquake measurement at Miyako. *JCS* **11**, pt. 3, 161–195, pl. 17–23.

1899 SEKIYA, S.: The earthquake Investigation Committee catalogue of Japanese earthquake. *JCS* **11**, pt. 4, 315–388.

1899 TANAKADATE, A.: Report on the progress of geodetic operations in Japan 1895–98; with a plate and 3 maps. Verhandlungen der in 1898 in Stuttgart abgehaltenen XIten allgemeinen Conferenz der Internationalen Erdmessung, 481–482. Berlin.

1899 YOSHIWARA (TOKUNAGA) S.: On some new fossil echinoids of Japan. *JGST* **6**, (p. 1).

1900 AGAMEMMNONE, M.: Liste des tremblements de terre observés en Orient pendant 1896. *Beiträge zur Geophysik*, 4, 118–198. Leipzig.

1900 BERGHOIZ, P.: Die Orkane des Fernen Ostens. 260 p. 31 plates, 33 tables and a map. Bremen.

1900 ——: Bildungsstätten, Bahnen und Zonen der Orkane des Fernen Ostens **36**, 528–532. Leipzig.

1900 DAVISON, C.: On the sea-waves, connected with the Japanese earthquake of June 15th 1898, illustrated. *Philosoph. Mag. 5th ser.*, **50**, 579–584. London.

1900 GRENET, V.: Météorologie de l'Extrême Orient. Typhons des mers de Chine et du Japon. Cyclones de l'Océan pacific nord. Extrait des travaux du Père J. Algué; illustrated. *Revue maritime et cloniale*, **144**, 96–149, 524–564. Paris.

1900 HEYDRICH, F.: Eine neue fossile Alge aus Riukiu, *Lithothamnium nahaense* sp. nov. aus Rinkiu. *JGST* **7**, no. 80, 1–2, pl. 7.

1900, 05 IWAKAWA, T.: Preliminary Catalogue of Marine Shells in the Collection of the Natural History Department, Tokyo Imperial Household, Museum. Part 1, 84 p., Part 2, 89 p.

1900 KOTO, B.: The scope of the volcanological survey of Japan.

1900 ——: Notes on the geology of the dependent isles of Taiwan. *JCS.* **13**, pt. 1, 1–57, pl. 1–5.

1900 La Commission Impériale du Japon: Les Mines du Japon rédigé par Le Bureau des Mines, Ministère de l'Agriculture et du Commerce. Exposition Universelle de Paris,

1900. pp. I-XII, 1-530, Carte des Principales Mines du Japon.

1900 LIÈVRE, D.: I vulcani del Giappone. 32 p, illustrated, Milano, 1900. Forms Vol. 75 of the "Biblioteca illustrata del viaggi intorno al mondo."

1900 NEWTON, R. B. and Holland, K.: Notes on microscopic sections of limestone from Formosa, collected by Dr. KOTO. *JGST*, 7(87), 1-4.

1900-01 OBRUCHEV, W. A.: Central Asia, Northern China and Nanshan. Report on the Explorations of 1892-1894. 2 vols. St. Petersburg.

1900 Paris, Exposition Internationale, 1900: Notice sur le Service Géologique Impériale du Japon avec catalogues des articles exhibités et resultats analytiques des échantillons de sols. 46 & 12 p., 3 folded maps.

1900 RICHTHOFEN, F. von: Ueber Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morpholigie Ost-Asiens. Sitzung der Physikalisch-mathematischen Classe vom 18. October. *Sitzungsberichte der königliche preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. XL.* 1-38.

1900 YABE, H.: Tbe brachiopod *Lyttonia* from Rikuzen Province. *JGST* 7(79), 1-4.

1900 YAMASAKI, N.: Unsere Geographischen Kenntnis von der Insel Taiwan. *PGM* 1900, 221-234. mit 7 Karte.

1900 ——: Das grosse japanische Erdbeben im nördlichen Honshū am 31sten August 1896 with a map, scale 1 : 1,000,000. *PGM*, 46, 249-255.

1900 YOSHIWARA, S.: On a new species of *Argonauta* from the Tertiary of Izumo. *JGST* 7(80), 3-5. pl. 8.

1900 ZIMANYI, K.: Über einen Axinit von Japan. *Zs. Krist.*, 32, 125-127.

1901 BERGHOLZ, P.: The hurricanes of the Far East, revised and translated into English by R. H. SCOTT. 271 p. With illustrations in the text. 31 lithographic plates and maps and 33 tables.

1901 DAVISON, C.: The great Japanese earthquakes of October 28th 1891 with 19 illstrations. *Geogr. Jour.*, 17, 635-655. London.

1901 FROC, L.: The "De Witte" August 1-6th, 1901. 20 and 12 p. with illust. 2 pl. and maps. Zi-ka-wei.

1901 JACHMANN: Die Taifune in den ostasiatischen Gewässern, nach DOBERCK'S Laws of storm in the Eastern seas. *Himmel und Erde*, 13, 419-424. Berlin.

1901 KOCHENHAUER, B.: Korea. Verhandl. d. Abtheil. Berlin-Charlottenberg. d. Deutshen Kolonial Gesell. Hft. 4, 74-124.

1901 KOTO, B.: The Scope of Vulcanological Survey of Japan. Pub. Japan. Earthq. Invest. Comm., 11(1).

1901 LECLERE, A.: Etude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin. *Ann. des Mines, Paris, sér. 9*, 20, 287-402, 405-492, 12 pl.

1901 NAUMANN, E.: Geologische Arbeiten in Japan, in der Türkei und in Mexico. Vortrag gehalten beim Jahresfeste der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft am 19. Mai 1901. 79-90.[8)]

1901 RICHTHOFEN, F. von: Geomorphologische Studien aus Ostasien. II. Gestalt und Gliederung der ostasiatischen Küstenbogen. Sitsung der physikalisch-mathematischen Classe vom 18. Juli. *Sitzungsber. könig. preuss. Akad. Wiss. zu Berlin.* XXXVI. 1-27.

1901 SUESS, E.: Das Antliz der Erde, 3.

1901 YABE, H.: Note on three Upper Cretaceous ammonites from Japan outside of Hokkaido. *JGST* 8, (1-4)

1901 YAMASAKI, N.: Erdbebenforschung in Japan. Vortrag gehalten am Geographenabend an der Wiener Universität. *Die Erdbebenwarte*, 1, 42-45, 61-67. Laibach.

1901 YASUI. K.: A fossil wood of *Sequoia* from the Tertiary of Japan. *Ann. of Botany*,

8) ナウマン (1901) 日本・トルコ及びメキシコに於ける地質研究, 中村新太郎 (1930) 新訳日本地学論文集, 地球, 14(1) 53-58, (2) 117-122

31.

1901 YOKOYAMA. M.: Der Ausbruch des Vulkans Adatara in Japan: im Juli 1900; with illustrations and a map. *Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik*, **23**, 305-308. Wien.

1901 YOSHIWARA, S.: Notes on the raised coral reefs in the islands of the Riukiu curve. *JCS* **16**, art. 1, 1-14, pl. 1, 2.

1901 ——: Geologic structure of the Riukiu (Loochoo) curve, and its relation to the northern part of Formosa. *JCS* **16**, art. 2, 1-67, pl. 1-5.

1901 ——: On an apparently new species of *Argonauta* from the Tertiary of Izumo. *Annot. Zool. Japan*, **3**, 174-

1902 BRAECKE, G.: La Corée, sa Situation économique et ses Richesses minières. Revue universelle de Mines de la Metallurgie etc. 46e Année, 3e sér. **59**(3).

1902 DUBALL: Sur l'éruption volcanique de l'île de Torishima. *CR. de l'Acad. des sci.*, **135**, 620. Paris.

1902 IGSJ: Outlines of the Geology of Japan Descriptive text to accompany the Geological Map of the Empire on the scale, 1 : 1,000,000. 251+1, 1 tab.

1902 JIMBO, K.: Outliue of the Geology of Japan.

1902 NISHIWADA, K.: Kruzen Bericht über eine Reise nach Schehol in Nord China auf Lauho. *Deutsche Rundschau* **24**, 145-151.

1902 NEWTON, Richard Bullen and HOLLAND, Richard: On some fossils from the islands of Formosa and Riukiu. *JCS* **17**, art. 6, 1-23. pl. 1-4.

1902 RICHTHOFEN, F. von: Geomorphologische Studien aus Ostasien. III. Die morphologische Stellung von Formosa und Riukiu-Inseln. Situzung der physikalisch-mathematischen Clases vom 31. Juli. *Sitzungsberichte könig. preuss. Akad. Wiss. zu Berlin. XL*. 1-32. Mit einer Tafel.

1902 SIEBERG, A.: Japanische Erdbebenstudien. *Die Erdbebeuwarte*, **2**, 48-53, Laibach, 1902; *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 1902, 371-372. Braunschweig.

1902 WARDIN: Telluride Ore in Japan. *Australian Mining Standard and Financial Review*, **21**(706).

1902 YABE, H.: Note on three Upper Cretaceous Ammonites from Japan, outside of Hokkaido. *JGST* 9(100), (1-7) pl. 1.

1902 ——: Materials for a knowledge of the Anthracolitic fauna of Japan. 1. **9**, (1-2).

1902 ——: Note on some Shark's teeth from the Mesozoic formation of Japan. *JGST* **9**, (1-5).

1902 YAMASAKI, N.: Morphologische Betrachtungen des japanischen Binnenmeeres Setouchi: with a map. *PGM*, **48**, 245-253.

1902 YOSHIWARA S.: Geological age of the Ogasawara Group (Bonin Islands) as indicated by the occurrence of nummulites. *Geol. Mag.* IV, **9**, 296-303.

1902 ——and IWASAKI, Juzo: Notes on a new fossil mammal. *JCS* **16**, art: 6, 1-13, pl. 1-3.

1903-04 Ausbruch des Torishima: Stein der Weisen. **32**, 285-86. Wien.

1903 HAMMER, E.: Bodenhebungen und -senkungen in Japan. *PGM*, **49**, 284-285.

1903 Japanische Bilder: Erdbeben und Sturm-Gefahr. Ostasien, **6**, pt. 64, 170-171. Berlin.

1903 KOTO, B.: Über die Ursachen des grossen Erdbebens in Central-Japan.

1903 ——: An orographic sketch of Korea. *JCS* **19**, art. 1. 1-61, pl. 1-4.

1903 KUTSCHERA, M.: Erdbeben in Japan. *Mitteil. k. k. geogr. Gesell. Wien*, **46**, 331-333, Wien, 1903, *GNL*, **40**, 205-207, Leipzig. 1904.

1903 ——: Volcanic eruption of Torishima with illustrations and a map. *Geogr. Jour.*, **21**, 436-439. London.

1903 NISHIMURA, M.: Der Ausbruch des Torishima in Japan. *Dtsch. Rdsch. f. Geogr. u. Statistik*, **25** Jg. 349-351.

1903 RICHTHOFEN, F. von: Geomorphologische Studien aus Ostasien. IV. Ueber Gebirges-

kettung in Ostasien, mit Ausschuluss von Japan. V. Geibrigeskettung im japanischen Bogen. *Sitzungsber. könig. preuss. Akad. Wissensch. XL.* 1-52.

1903 **Rudolph, E.**: Seismometrische Beobachtungen über japanische Fernbeben in den Jahren 1893-97. *Beiträge der Geophysik*, **6**, 377-434. Leipzig.

1903 **Tokunaga (Yoshiwara)**, Shigeyasu,: On the fossil echinoids of Japan. *JCS* **17**, art. 12, 1-27, pl. 1-4.

1903 **Weber, M.**: Über Danburit aus Japan. *Zs. Krist.*, **37**, 620-622.

1903 **Wright, G. F.**: Signs of the glacial period in Japan. *Science, New Ser.*, 17, 349-350. New York.

1903 **Yabe, H.**: Cretaceous cephalopods from the Hokkaido, part 1, *Lytoceras, Gaudryceras* and *Tetragonites*. *JCS* **18**, art. 2, 1-55, pl. 1-7.

1903 ——: On a Mesozoic Stromatopora. *JGST* **10**, (1-7), pl. 1.

1903 ——: On a Fusulina-limestone with *Helicoprion* in Japan. *JGST* **10**, (1-13), pl. 2-3.

1903 **Zeiller, R.**: Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin. Paris.

1904 **Algué, J.**: The cyclones of the Far East, Second revised edition, 283 p. with 54 tables, Manila, 1904. Special Report of the Philippine Weather Bureau.

1904 **Friederichsen, M.**: Grundlinien im Aufbau Ostasiens nach Ferd. v. Richthofen. *GS.*, **10**, pts. 3, 4.

1904 **Heutreau, C. E.**: Les charbons de Japan, du Petchili et de la Manchourie. *Ann. Mines*, 151-209.

1904 **Hobbs, W. H.**: The tectonic geography of Eastern Asia, with illustrations and 3 maps. *American Geologist*, 34, 69-80, 141-151, 214-226, 283-291 and 371-378. Minneapolis, (A series of reviews of works by Ed. Suess, F. v. Richthofen and others and translations on the subject.)

1904 **Kikuchi, D.**: Recent Seismological Investigations in Japan. *Publ. Earthq. Inv. Comm.* (in Foreign Langeges), no. 19.

1904 **Laurent, L.**: Note à propos d'un nouveau genre japonais dans la flore tertiaire d'Europe. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, **14**, 135-158. Paris.

1904 Louisiana Purchase Exhibition, 1904 : A sketch of the history and work of the Imperial Geological Survey of Japan with a catalogue of articles and analytical results of the specimens of soil exhibited, 60 & 15 p., 2 plates and 4 maps. Tokyo.

1904 **Peroinguere, M. L.**: Constitution géologique et resources minerals de la Manchourie et de la Corée *Revue scientifique*, *5*, *Sér.* **1**, 545-552.

1904 **Ponting, H. G.**: Highest volcano in Japan. *Century Magazine*, **46**, Sept. 697-, New York.

1904 **Scrivenor J. R.**: A preliminary report on the geology of the neighbourhood of Taiping, Perak. F. M. S. Govt. Gazette, Jan. 8, 1904, 1-14.

1904 **Tanakadate, A.**: A magnetic survey of Japan reduced to the epoch 1895, 0 and sea level, *JSC* **14**, 1-180, pl. 1-98. appendix, complete list of magnetic observation 1893-1896, 1-347.

1904 **Wada. T.**: Eie Schmuck - und Edelsteine bei den Chinesen. *MDG-NVO*, **10**(1).

1904 ——: Minerals of Japan, English translation by T. Ogawa, 144 p. and 30 plates, Tokio, 1904.

1904 **Yabe, H.**: Cretaceous cephalopods from the Hokkaido, part 2, *Turrilites, Helicoceras, Heteroceras, Nipponites, Olcostephanus, Desmoceras, Hauericeras* and an undetermined genus. *JCS* **20**, art 2, 1-45, pl. 1-6.

1904 **Yokoyama, M.**: On some Jurassic fossils from Rikuzen. *JCS*, 18, art. 6, 1-13, pl. 1, 2.

1904 ——: Jurassic Ammonites from Echizen and Nagato. *JCS* **19**, art. 20, 1-17, pl. 1-4.

1905 Earthquakes in Japan, with a map. *Bull. Amer. Geogr. Soc.*, 37, 216-220, New York.

1905 **Inoue, K.**: A Sketch of the Geology of the Southern Part of Hsing-King, China. *IGSJ.*

1905 **Jimbo, K.**: Danburite of Obira, Bungo Province. *Beiträge zur Mineralogie von Ja-*

pan, Nr. 1. 1-10.

1905 ——: Siliceous oolite of Tateyama, Etchu Province. *do.* 11-15.

1905 KRASSER F.: Fossilien Pflanzen aus Transbaikalien, der Mongolei und Mandschurei. *Denkschr. d k. Ada. Wiss. Math.-Nat. Cl.* 78.

1905 KUSAKABE, S.: Modulus of elasticity of rocks and some inferences relating to seismology. *JCS* **20**, art. 9, 1-18, pl. 1, 2.

1605 ——: Kinetic measurement of the modulus of elasticity for 158 specimens of rocks and a note on the relation between the static and the kinetic values of the same. *JCS* **20**, art. 10, 1-29, pl. 1.

1905-1915 WADA, T.: Beiträge zur Mineralogie von Japan, Nr. 1-5. (86 articles).

1905 ——: Der Fluorit von Obira, Bungo. *Beiträge zur Mineralogie Japan.* no. 1, 16.

1905 ——: Grosse Tridynitkrystalle von Ishigamiyama, Higo. *Ibid.* no. 1, 17.

1905 ——: Eine Pseudomorphose von Kupferglanz nach Bleiglanz von Osaruzawa, Prov. Rikuchu (Harrisit). *Ibid.* no. 1, 17.

1905 YABE, H.: Mesozoic plants from Korea. *JCS* **20**, art. 8, 1-59, pl. 1-4.

1905 YOKOYAMA, M.: Mesozoic plants from Nagato and Bitchu. *JCS* **20**, art. 5, 1-13, pl. 1-3.

1906 JIMBO, K.: Crystallization of calcite from Mizusawa and Furokura. *Beiträge zur Minerlogie von Japan*, 26-29.

1906 ——: General note on Japanese meteorites. *Ibid.* 30-60.

1906 KUSAKABE, S.: Frequency of after-shocks and space-distribution of seismic waves. *JCS* **21**, art. 1, 1-19, pl. 1.

1906 TOKUNAGA, S.: Fossils from the environs of Tokyo. *JCS* **21**, art. 2, 1-96, pl. 1-6.

1906 WADA, T.: Enargite of Kinkwaseki, the Island of Taiwan. *Beiträge zur Mineralogie von Japan*, no. 2, 57.

1906 ——: On Naegite. *Ibid. Japan.* no. 2, 23-25.

1906 ——: Chemical Analyses of some Japanese Minerals. *Ibid.* no. 2, 53-55.

1906 ——: The Natural Etching of a Topaz Crystal from Tanokamiyama. *Ibid.* no. 2, 56.

1906 YABE, H.: A contribution to the genus *Fusulina*, with notes on a *Fusulina*-limestone from Korea. *JCS* **21**, art. 5, 1-36, pl. 1-3.

1906 YOKOYAMA, M.: Mesozoic plants from China. *JCS* **21**, art. 9, 1-39, pl. 1-12.

1907 BAILEY, Willis, BLACKWELDER, Eliot and SARGENT, R. H.: Reserach in China, 1, part 1. Descriptive Topogrophy and Geology, i-xiv, 1-353, i-xvi, 51 pls.

1907 BECKENKAMP, J.: Über Chalcopyrit von Arakawa, Provinz Ugo in Japan und über die Struktur des Chalcopyrits in Allgemeinen. *Z. Krist.*, **45**, 43-60.

1907 BLACKWELDER, E. and HIRTH, Friedrich: Research in China, 2, part 2. Petrography and Zoology, Syllabary of Chinese Sounds, i-iv, 357-528, xvii-xxiv.

1907 FORD, W. E.: Chalcopyrite Crystals from Arakawa, Japan. *AJS.*, 4 ser. 23, 59-60.

1907 FUKUCHI, N.: Occurrence of Sulpher in Japan. *Beitr. sur Min. Japan*, no. 3, 127-129.

1907 INOUYE, K: Geology and Mineral Resources of Korea. Mem. *IGSJ*, **1**(1).

1907 JIMBO, K.: On some zeolites found in Japan. *Beitr. z Mineralogie von Japan*, no. 3, 113-120.

1907-08 ——: Preliminary notes on the geology of Japanese Sachalin. *Transactions of the Sapporo Natural History Society*, 2, pls. 1-2.

1907 OGAWA, T.: The Geotectonics of the Japanese Islands. C. R. Xe Sess. Congr. géol. intern.

1907 REISS, K.: Untersuchungen über fossile Hölzer aus Japans. Inaug.-Diss. Rostock. 224 p. 1 pl.

1907 WILLIS, B.: Research in China, 2. Systemaptic Geology, i-v, 1-133, i-v.

1908 HONDA, Kotaro, TERADA, Torahiko, YOSHIDA, Yoshi and ISHITANI, Denichiro: An investigation on the secondary undulations of oceanic tides, carried out by the order

of the Earthquake Investigation Committee during 1903–1906. *JCS* **24**, art, 1, i-viii, 1–113, frontpieces 1, 2, pl. 1–95.

1908 YABE, H.: On the occurrence of the genus *Gigantopteris* in Korea. *JCS* **23**, art 9, 1–8, pl. 1.

1908 ——: Foraminifera from Some Neogene and Pleistocene Rocks of Japan. *Bull. IGSJ* **21**(1).

1908 ——: Jurassic plants from Tao-Chia-tun, China. *Bull. IGSJ.* **21**(1).

1908 YOKOYAMA, M.: Palaeozoic plants from China. *JCS* **23**, art. 8, 1–18, pl. 1–7.

1909 FLIEDLÄNDER, I: Ueber einige japanischen Vulkane. *MDG-NVO.* **12**, 65–130, Tokyo.

1909 HIROSE, S.: Geology of Shanhsi and Honan. *JGST* **16**(109), (1–7), pl. 11–13, 15, 16.

1909 ICHIKAWA, Shimmatsu: On the Artificial Etching of Japanese Rock Crystals. *JGST* **16**, (1–2), pl. 1.

1909 IWAKAWA, T.: Catalogue of Japanese Mollusca in the Natural History Department, Tokyo Imperial Museum. Part I. 146 p.

1909 JIMBO, K.: Peter Ignatievitch Polevoi' Geological observations in the Oil-fields of North Sakhalin, *JGST* **16** (2–5).

1909 KOTO, B.: Journey through Korea, First Contribution. *JCS* **26**, art. 2, 1–207, pl. 1–36.

1909 OKAMOTO, Y.: On the Radioactivity of a Sulphate Mineral from Formosa. *JGST* **1, 6** (7–10).

1909 SCHULZ, K.: Beiträge zur Petrygraphie Nord Koreans, *Neues Jahrb. f. Min. usw.* **29**, Beilageband 1, 1–53.

1909 STOPES, M. C. and FUJII, K.. Studies on the structure and affinities of Cretaceous rocks. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **21**, 1–90, pl. 1–9.

1909 SUESS, E.: Das Antliz der Erde, **3-2**.

1909 YABE, H.: Zur Stratigraphie und Paläontologie der oberen Kreide von Hokkaido und Sachalin. *ZDGG.* **59**, 402–444.

1910 BECKE, F.: Minerale aus Japan. *Tsch. Miner. Petro. Mitt.* **29**, 449.

1910 FUJII, K.: Some Remarks on the Cretaceous Fossil Flota and the Causes of Extinction. *Botany*, **24**, 197–220.

1910 IKI, T.: Preliminary Note on the Geology of the Echigo Oil Field. *Mem. IGSJ* **1**(2), 29–57.

1910 The Imperial Geological Survey of Japan With A Catalogue of Articles exhibited at the Japan-British Exhibition held at London, England in 1910. *IGSJ* 96 p.

1910 INOUE, K.: The Mineral Resources of Japan in 1908. *Mem. IGSJ* no. 2, 1–28.

1910 KARPINSKY, A.: Einige problematischen Fossilien aus Japan. *Verhandl. kaiserl. russ. mineralog. Gesell.* **46**, 259–272.

1910 KERSHAW, E. M:: A fossil solenostelic fern. *Ann. Bot.* **24**, 683–691.

1910 KOTO, B.: Journey through Korea, contribution II. The geology and ore-deposites of the Hol-gol gold mine, Su-an district, Korea. *JCS* **27**, art. 12, 1–32, pl. 1–4.

1910 SUZUKI, Y.: On the Structre and affinities of two new Conifers and a new Fungus from the Upper Cretaceous of Hokkaido (Yezo). *Botanical Magazine Tokyo*, **24**, 181–196. :

1910 YABE, H.: Die Scaphiten aus der Oberkreide von Hokkaido. *Beitr. zur Palaeontol. u. Geol. Oesterr. -Ung. u. d. Orients*, **23**.

1910 ——: Bemerkungen über die Gattung *Raphidiopora* NICHOLSON und FOORD. *Centrabl. f. Min. etc. Jahrg.* 1910, 4–10.

1910 ——: Das Strukturproblem der Fusulinenschale. *Beitr. 2, Pal. u. Geol. Osterr-Ung., etc.*, **23**. :

1910 YOKOYAMA, M.: On the Occurrence of *Coronura diadema* L. in the Tertiary of Koshiba, *JGST* **17**, (227–229).

1910 ——: On some Brachiopods from the Neogene of Koshiba. *JGST* **17**, (279–282), pl. 5.

1910 ——: On Species of *Limopsis* found in the Neogene of Koshiba. *JGST* **17**(205), (1-5), pl.9.

1911 FRECH, Frist: Die Geologische Entwicklung Chinas. Mitteilungen der Ferdinand von Richthofen-Tages 1911. 38-61.

1911 GAGEZ, C,: Das Erdbeben von Formosa am 17 März, 1906. *ZDGG*. **62**.

1911 HIRAYAMA, Seiji,: Results of the harmonic analysis of tidal observations made at various parts of Japan. *JCS* **28**, art. 7, 1-66, pl. 1-28.

1911 KOZU, S.: Preliminary Notes on some Igneous Rocks of Japan. IV. On Lava and Anorthite-Crystals Erupted from the Tarumi Volcano in 1909. *Jour. Geol.* **19**, 632-644.

1911 NAKAMURA, Seiji and HONDA, Kotaro: Seiches in some lakes of Japan. *JCS* **28**, art. 5, 1-95, pl. 1-8.

1911 NISHIO, Shojiro: The Mining Industry of Japan. Trans. Amer. Inst. of Mining Engineers.

1911 OKAMOTO, Y.: On a Radioactive Mineral, found as Crust under the Hot Spring Water of Hokuto in Taiwan. *JGST* **18**(19-26).

1911 RICHTHOFEN, F. v.: China, Fünfter Band. Pal. Abhandl. von FRECH. F.

1911 SIMOTOMAE (TANAKADATE), H.: Der Nachrichten über den Ausbruch des Vulkans Usu in Japan im Jahre 1910. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin*. Nr. 10.

1911 STOPES, M. and FUJII, K.: Studies on Structure and Affinitities of Cretaceous Plants. *Trans. Roy. Soc. Bot.* **201**.

1911 YABE, H.: A new Pleistocene fauna from Tokyo with a general statement on the Pleistocene deposits of Tokyo, Japan. *Geol. Mag. V.* **8**, 210.

1911 ——: Über das Vorkommen von *Orthophragmina* auf den Bonin Insel. *Centrabl. f. Min. usw.* Jahrg. 1911, Nr. 9.

1911 ——: Über das angebliche Vorkommen von *Spirifer verneuili* in Japan. *Ibid*, Jahrg. 1911, 271-272.

1911 YAMAKAWA, G.: Description of some fossil Opisthbranchiata from the Diluvial Deposits of Japan. *JGST* **18**, (39-52), pl. 10-11.

1911 YOKOYAMA, M.: Some Tertiary fossils from the Miike coal-field. *JCS* **27**, art. 20, 1-16, pl. 1-3.

1911 ——: Climatic changes in Japan since the Pliocene epoch. *JCS* **32**, art. 5, 1-16, pl. 1.

1911 ——: *Pectens* from the Koshiba Neogene. *JGST* **18**, (1-5), pl. 1.

1911 ——: Climatic Changes in Japan since the Pliocene Epoch. *JGST* **18**(53).

1912 BAILEY, E. B.: The new Mountain of the Year 1910, Usu-san, Japan. *Geol. Mag.* (5) **9**, 248-252.

1912 DEGUCHI, Y.: The Enargite Deposit in Taiwan. *JGST* **19** (13-15).

1912 DEPRAT, J.: Etude géologique de Yunnan oriental. lere parte. Géologie général. *Mém. Serv. géol. l'Indochine*, **1**, fasc. 1.

1912 FLIEDLÄNDER, I.: Über den Usu in Hokkaido and über einige andere Vulkan mit Quellkuppenbildung. *Peterm. Mitt. Bd.* 310-331.

1912 GOLDSCHMIDT, V. and PHILLIP, H.: Über Danburit von Obira, Japan. *Zs. Krist.*, **50**, 443-454.

1912 HIRABAYASHI T.: Kuromono, or the Black Ore. *Beitr. zur Min. Japan*, no. 4, 151-156.

1912 IWASAKI, J.: The metallogeny of the Japanese Islands. *JCS.* **32**, art. 8, 1-32, map. 1.

1912 ——: A Study of Japanese Coal. *JGST*. **19**, (41-68).

1912 KATO, T.: The Tourmaline Copper Veins in the Yakuōji Mine, Nagato Prov., Japan. *JGST*. **19**, (69-88), pl. 10-11.

1912 ——: Über die Kordieritführenden Einflüsse in der Lava aus dem Vulkan Komagatake auf Hokkaido, Japan. *JGST*. **19**, (27-37).

1912 KOBAYASHI, G.: The Influence of Petroleum on the Geothermic Gradients in the Echigo Oil fields. *JGST*. **19** (9-12).
1912 KOTO, B.: On nepheline-basalt from Yingé-mên, Manchuria. *JCS*. **32**, art. 6, 1-14, pl. 1, 2.
1912 MANSUY, H.: Mission au Laos 1. Geologie des environs de Luang-Prabung. *Mem. Serv. géol. l'Indochine*, **1**, fasc. 4.
1912 OINOUYE, Y.: On the Sulphur in the Lake Ponto of Kunashiri Island. *Sapporo Gaku-ho*, **4**, 199-203.
1912 RICHTHOREN, F. v.: China, Dritter Band. S. iii-xxxi, 1-817, 5 Tafeln.[9)]
1912 SALWAY, CH. M.: Japanese Monographs. no. 18: The Kurile Islands called by the Japanese Chisima. *Asiatic Quart. Review*, *3 ser.* **34**.
1912 SIMOTOMAI, H.: Der Tarumai-Ausbruch in Japan, 1909, *Zs. d. Ges. f. Erdk. Berlin*, Nr. 9, 1-9.
1912 YABE, H.: Über einige Gesteinbildende Kalkalgen von Japan und China. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Ser. II* **1**, 1-8.
1912 ——: Nachtrag über das angebliche Vorkmmniss von *Spirifer verneuili* in Japan. *JGST*. **19**, (25)
1912 ——: Über zwei japanislhen Fossilien in der GOTTSCH'schen Sammlung. *JGST*. **19**, (39).
1972 YAMAKAWA, Gordon and ISHIKAWA, M.: Some Pteropods from the Neogene of Semata. 1-2. *GJST*. **19**, (1-8, 17-24), pl. 1 & 6.

9) リヒト・ホーフェン，支那V—西南支那—能登志雄訳，東亜研究双書，第18巻，岩波書店，昭和18年，本書は China 第3巻第1篇の全訳で，そのあとに第2篇 西蔵，第3篇 東南支那がある。

(1978年7月3日受理)

書評と紹介

Ch. POMEROL: Stratigraphie et Paléogéographie. Doin, Paris. Ere cénozoique (Tertiaire et Quaternaire), 269p., 1973
Ere mésozoique, 383p., 1975
Précambrien, Ere paléozoique, 429p., 1977

この三冊は，ポムロール教授（パリ第六大学，旧パリ大学理学部）の層位学・古地理学教科書(全四巻）の主要部分で，主として各時代ごとに層序・古地理・古生物を各論として述べたものである。層位学・古地理学の原理的な部分は，未刊の最後の巻に予定されている(Principe et méthode de la Stratigraphie et de la Paléogéographie' 1978年刊行予定)。フランス語圏でも，最近は大学初年級用の地球科学の教科書が数多く出版されており，層位学の分野にはとりわけ多種の本があるが，このシリーズはその中ではある程度各論に立ち入ったものである。フランスには，かつて，M. GIGNOUX の"Géologie stratigraphique"という名著があって，層位学的地質学という名にもかかわらず，内容は構造地質から地史におよぶ範囲を含んでいた。ポムロール氏のこの教科書もこの流れをくんで，層位学という語を用いながらほとんど地史学の内容をもっている。既刊の上記三冊でも総計千ページにおよぶ大部の教科書であるので，その内容の細部に立ち入って紹介することはできないが，全体を通じての特徴を要約すると，次のようなものである。

1. 内容は地球の誕生から現在に至るまでを大きく四分して取り扱っている。すなわち，先カンブリア時代・古生代・中生代・新生代。各大区分について先ずその中の小区分(時代的区分）と上限下限，生物界，古地理の概観を記述する。時代を追って小区分ごとに，再び細区分と上限下限，生物界，古地理を総括し，次いで地域ごとに層序・構造・地史の基礎的な事実を説明する，という構成がとられている。特に古生代の部分では，各紀ごとに章を設けることをせず，カレドニア・バリスカンの二大造山期と，その中間の"過渡的"なデボン紀という三区分に従って記述されている。

2. 地域毎の層序あるいは地史の説明は，先ずその地域の大地質構造を与え，各構造帯ごとの発達史の形式で，層序・岩相・古地理の発展を説明するという方法が採られている。従って，層位学というタイトルにもかかわらず，層序そのものは図表の形で提供されるのみで，詳しい説明は省かれている。このやり方は，詳しい層序をこの本から知ろうとする人には不便であるかもしれないが，地史の大綱を知ろうとする人，土地勘に欠ける外国人などにとっては，わかり易い良い方法であろう。もちろんこういう形式は多くの地史学の教科書に見られるが，この本ではこの試みは成功しているといって良いと思われる。

3. はしがきで著者もことわっているが，視覚的な効果をねらっている。図表はすべて黒と緑の二色刷りで読み易い。また各地域の層序の詳細などは，図を見ただけでわかるように工夫され，この本のために新たに書き下されたものが多い。ただあまりに大きな図を過度に縮少したため，細い線がかすれて見えなくなったという初歩的な欠点が，特に先カンブリア時代・古生代の巻に眼につくのは残念なことである。図版の良さは特筆に値する。図版用に特別に良質な紙を使ってはいないが，各時代に特徴的な化石が豊富で，しかも極めて鮮明な写真図版で示されている。三葉虫・菊石といった伝統的な示準化石のほかに，走査電顕を用いて撮影された微小化石の図版も数多くあり，この本全体の印象を新鮮なものにしている。

これらは，単に基本的な情報を読者に与えるというだけでなく，高校・大学の授業の際に，視覚教育をするための素材を提供する意図もあったことが，はしがきに述べられている。これらの図版の多くはこの本のために特に撮影されたもので，既発表の図版の複製ばかりでないことも貴重である。

4. 多数の古地理図を挿入し，古地理の変遷とそれに伴う岩相分布を理解し易くするよう努めている。このことによって，岩相の横方向への変化や，さらには地向斜の進化といった大きなスケールの発達史の理解が容易になっている。古地理図は一国，一地方といった地域的なものにも数多く用意されている一方，各大区分ごとに古地理の総

括の項を設けて，全世界的な古地理の変遷を示している。ここでは，大陸の分裂と移動の経過を DIETZ と HOLDEN の図に準拠して，その上に海陸の分布を示すという試みもされている。

5. 取り扱っている地域は，ヨーロッパ・北アフリカに重点が置かれ，フランスは常に一章をさいて，かなり詳しい説明がされている。盾状地とか，ゴンドワナとか，必要な場合にはかなりのスペースがヨーロッパ・北アフリカ以外にも費されてはいるものの，それ以外では記事はむしろおざなりである。しかし，全世界の層序や地史を過不足なく平等に取り扱うのは,難しいことであろう。B. KUMMEL とか H. & G. TERMIER の教科書のように稀にその試みをしたものはあるが，限られたスペースの中ではどうしても記述が表面的になりがちである。ポムロール氏のこの教科書では，最初から焦点をヨーロッパ・北アフリカにしぼると明記されており，ねらいは網羅的な記載ではなかったことは明らかである。

この教科書で著者がねらったのは，層序あるいは地史の大綱をわかり易く示し，さらに詳しく知りたい人のために手掛りを与えることにあったと思われる。その意味では，上に述べたような特徴をもつこの教科書は，ヨーロッパ・北アフリカを中心とする地域（多くの模式地を含む地域）の構造・層序・地史を知ろうとする時には，なかなか役に立つ教科書といえるであろう。また著者の意図の一つである授業のための素材としても，悪くないものを多く含んでいるといえよう。フランス語は平明でわかり易く，大学後期や大学院初年級のセミナーのテキストにも使えそうである。

（佐藤　正）

Arthur L. BLOOM : Geomorphology (A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms) Printice Hall, B 5, 510p. 1978, 6000円

著者 BLOOM は1969年に同じ出版社 Printice Hall から地球科学基礎シリーズの一冊として，地球の表面 (The Surface of the Earth) を出版した。この小冊子は単なる地形の記述だけでなく，エネルギー変化に力点をおいて地形の変化がのべられている。この本は大変評判がよく，日本語(榧根勇訳 地形学入門，共立出版)はもちろん，ロシヤ語，スペイン語等数カ国語に翻訳されている。今回の本は前回の本が152頁であったのが510頁になっており著者のいきごみが感じられる。著者は Yale の出身で，フルブライトの資金で C. A. COTTON の下で修士をとり，Yale に帰って Ph. D をとっている。

紹介者は1977年度の秋学期，彼の講義を聞く機会にめぐまれた。講義は毎週月・水・金朝9時から50分あり，かなり早口でどんどんすすみ，終りの10分はきまってスライドを見せており，彼の講義は非常に体系的に整理されていた。原稿はこの時期に最終稿に近く，毎週大日本印刷から航空便でゲラ刷がきていた。

この本は，彼の講義のための原稿である。教科書として書かれているため，海底地形は資料が少ないのであまり書かれていないが，それを除いては万遍なく書かれている。COTTON の下で修士をとっているので構造地形の所が詳しいかと思われるが，特に詳しいとはいえない。また IGCP-61, Sea level Project の leader としてサンゴ礁でこの数年海水準変動の研究をしているが，そこが特に詳しいというわけではない。あくまでも教科書として書かれているので特殊なテーマについて詳述を求めるのは無理なことであろう。

ではこの本の特徴は何かということになるが，1) エネルギーの変化が地形にどのように影響しているか。2) 地形は新生代からの造山運動等による歴史的産物であるという観点から叙述されており，3) 図や表が多くなっており定量的とりあつかいが多く試みられている。4) また彼がアメリカの地形学者として当然なことであるが，大地形や変動帯の形態の説明に Plate tectonics 説が使用され，オーストラリアの半乾燥地形や南極の氷帽の発達についても Plate tectonics の考えの使用を試みている。5) アメリカの出版物であるが単位はすべて C.G.S. 単位に統一されているのも一つの特徴である。6) 勿論のことであるが1977年までの各主題に関する重要と思われる文献が多く参照されている。

内容は4章21節からなっており簡単に紹介する。

Part I, Construction Process and Constructional Landforms

Part II, Subaerial Destruction Process and Erosional Landforms

Part III, Climatic Morphogenesis

Part IV, Coastal and Submarine Geomorphology

地形の記述の際，一般に内因と外因とにわけるのが普通であるが，ここでは Part I が内因的地質作用に相当し，その地表のあらわれとして，新生代の地殻変動が地形としてどのように表現されているか，その規模と運動の速度がのべられ，構造地形として断層や褶曲によって形成される地形と火山についてのべている。火山には地理的・地質的な意味，火山活動と火山噴出物，火山地形がのべられている。

Part II は外因的地質作用に当る部分で，最初に前者（1969）で強調されたエネルギーの変化と地形の関係についてのべている。次に岩石風化についても物理的・化学的風化と土壌，地質構造と気候，岩石風化についてのべている。カルストについては，地下水，カルスト地形，石灰洞窟についてのべている。Mass wasting と山腹地形については重力と摩擦の作用，Mass wasting や斜面の発展と進化についてのべている。

河川については浸食と堆積作用とそれに形成される地形，河川浸食の地質構造に整，地形の変化がのべられている。ご存知にアメリカでは日本の土木工学の人達が行理の問題が地形でかなり詳細に扱われてい

Part III は気候地形について フランスの達の考えをいれて一章となっている。湿度の極相における地形として乾燥地形，氷河氷河周辺地形をとり扱っている。

Part IV では海岸と海底地形の概観についべられている。

学生に地形を教える時，山とか海岸とか地形論（東大出版会，1973）のように変動特殊地形に関しての立派な本は日本にはる。しかし，一人の人がある考えを基礎に形全般について叙述した，学生にもたせる適当な本が日本にないのはどうしたことでか。そのような意味でまた Plate tectonic の考えをいれた新しい地形の参考書としてる。

（藤井

紙　碑

尾留川正平会員の逝去を悼む

本会元評議員尾留川先生は，昭和53年1月22日に食道ガンのため66歳の生涯を終えられた。まことに哀惜の念にたえない。謹んで哀悼の意を表する。

先生は明治44年に岐阜県吉城郡船津町（現神岡町）で誕生された。昭和16年12月　東京文理科大学地学科（地理学専攻）を卒業，東京女子師範学校に勤務されて後，母校で助手に任じられ，昭和26年2月には東京文理科大学助教授に昇進された。同年東京教育大学助教授を兼ねられ，昭和40年4月東京教育大学教授に昇任，昭和48年11月筑波大学教授（東京教育大学教授併任）に移られ，昭和50年3月定年退官された。昭和51年4月からは立正大学教授になられ，後進の指導に当られていた。

尾留川先生は秋田師範学校に奉職した時以来40年に及ぶ長期にわたって地理学の研究にたずさわられ，その研究は多方面にわたっている。しかし，その主な領域は農業および農村地域で，開拓過程の研究，農業地域形成論，地域調査論を含んでいる。

開拓過程に関する研究では鳥海山麓を調査地域とした耕地の高距限界と，耕作可能性に関する研究と，木曾川下流デルタにおけるデルタの形成史と開拓の進展についての研究および裏日本における砂丘の開拓過程の研究があるが，自然条件と歴史的過程の詳細な分析を基礎にして自然諸要素の役割と人間の側の諸要素の役割が細密に分析されている。

尾留川先生は田中啓爾博士に師事し，地域性の解明を中心課題とされ，秋田師範に在職された時代から地域の実地研究を開始された。小田内通敏先生の指導のもとに，郷土学の手法によって行われた「綜合郷土研究—秋田県」(1939)の成功は先生の超人的ともいえる努力によるといっても過言ではない。この時の体験は秋田県南部の子吉川流域における農業集落の研究，以後の農業地域の研究と地域調査論を貫く基本的な考え方を培った。まず最初に農業集落の性格とその地域性を自然的基盤に働きかける人間側の特質，とりわけ社会的特質を媒介として解明することを試み，農業集落構造論モデルを提出されたが，このモデルこそ尾留川先生の思考の基本的枠組みをなすもので，その精密化，主として農業地理学の諸問題と地域調査への適用の努力が，先生の地理学研究の課題そのものであったといってよいであろう。先生は小



田内先生の文化生態学的観点による地域性へのアプロ　チに触発された。その構造論は生態学的均衡論に基礎をおいており，場所の諸要素が社会的文化的要因によって統合される過程で地域に形成され，そこに地域性が形成されるのであって，その場合，人間の社会的性格が自然の基盤，経済的条件に対応しての変化を方向づけると考えられ，環境への適応過程における人間の主体的，文化的要素に対して環境そのものと並んで注目し続けられた。また先生の生態学的思考を最もよく示すものはその進化史的，遷移論的研究態度で W. アールマンや C.O. サウアーの研究業績に心をよせておられたことも先生のこの傾向と関係あることであろう。近日，世に現れる南伊豆の沿岸集落に関する研究は先生のこの傾向が大塚の地理学に一つの学風を形成しつつあったこと示すことになろう。

先生がライフワークとして心血を注いでこられたのは，いうまでもなく農業地域形成論を骨格とする農業地理学の樹立であった。小地域から日本全域に及ぶ各種のスケールの農業地域形成の実証的研究を進められ，一方，内外の文献を検討する作業を進めておられて，その成果の一端は日本地理学会で会長講演として発表せられた。ほど遠からぬ日の完成が予想されただけに，先生の農業地理学が日の目を見るにいたらなかったことはまことに残念である。しかし，青野寿郎博士と編集を進めてこられた「日本地誌」は間もなく完成され，先生の大きな業績は日本の地理学界に遺されることになる。それにつけても稀れにみる高い水準の幾多の研究業績を残され，その集大成を近い将来に期待できる時に急逝せられたことは，とりわけ教え子の一人として残念でならない。先生としても誠に心残りであったにちがいない。ひたすら御冥福をお祈りする次第である。（山本正三）

1980年国際地理学会議（IGC）記事（7）

(1) 9月30日に準備委員会が開催された。そして今後幹事会にも準備委員が出席し，通常のことは幹事会で決定して実施することとし，準備委員会の開催回数をへらす様にすることになった。

(2) セカンドサーキュラーについて発行を本年末に延期し，その内容について更に幹事会で検討することになった。

(3) Attending member は Regular member と改めることになった。

(4) やむを得ざる事情により Commission 又は Working group meeting にのみ参加する会員をカテゴリーEとし，登録料を10,000円とする。

(5) 募金については9月12日に経団連を木内，西川，浅野の3名が訪問し，担当の方にお願いをした。経団連は4,500万円をめどに関係会社に対する割当リストを11月末に示すので，募金委員会が各会社と直接交渉をすることになる。従ってもし東京地学協会の会員の中で関係会社にしかるべき知人がおられる場合にはぜひ紹介して欲しい。（川上記）

Journal of Geography
Vol. 87, No. 5 (827), 1978

地学雑誌 第827号 昭和53年10月20日印刷 昭和53年10月25日発行
編集兼発行者　式　正英
発行所　社団法人 東京地学協会 東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102 電話東京(261)0809番 振替口座東京 66278番
印刷所　一ツ橋印刷株式会社 東京都品川区上大崎 3-12-15

JAN 25

東京地学協会取扱い出版物

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円　〒 400円

上松　足尾　厚田　阿仁合　赤穂　秋葉山　岩内　飯田　今治西部　伊予三崎　岩館　宇部　宇部東部　襟裳岬　渡島小島　飫肥　大垣　大迫　大畑　近江長浜　大屋市場　鬼鹿　尾花沢　小浜　蟹田　海南　唐津　冠島　霧島山　串本　鞍岡

小清水　小泊　甲府　国分　昆布森　猿留　須坂　垂水　田沢湖　但馬竹田　丹後由良　妻籠　土淵　都農　津山東部　都井岬　当別　動木　苫前　富高　那智　男体山　西方　沼田　鋸崎　八丈島　春立　羽幌　浜益　東茂住　燧岳　平戸　人首　船津　幌加内

本岐　幌泉　母衣月　神子元島　三日市　三厩　森吉山　門別　焼尻島　湯本　吉野山　米子　呼子　留萠

各 600円　〒 400円

阿寒湖　網走　荒島岳　伊万里　羽前金山　内の浦　遠別　雄冬　渡島大島　大村　奥津　大江山　鹿屋　上里　蠣ノ浦　加子母　金木　加治木

北見　草津　小口瀬戸　国領　佐用　志布志　城端　周匝　川内　男女群島　鷹巣　達布　田並　太良鉱山　近川　智頭　月形　徳舜瞥　仁位　西徳富　根雨　羽島　初浦　肥前高島付野母崎　日奈久　日向青島　美幌　肥前江ノ島　弘前　深浦　三島　三田井　焼石岳　涌谷　若柳

各 890円　〒 450円

五所川原　田老　妹背牛　△横田　脇野沢

850円　〒400円

山形市北部地質図

各 2,390円　〒 500円

竹田　蓼科山

2,390円

〒 都内 450　第一地帯 550　第二 〃 650　第三 〃 750

浜松

各 1,390円　〒 450円

磯浜　▲伊良部島　岩沼　魚津　渡島福島　川尻　金華山　熊石　久遠　五城目　▲尻屋崎　竹貫　多良間島　鶴居

▲利 島　富 江　那珂湊　野 尻　彦根東部　都城　▲八 雲　陸奥川内　米内沢

各 1,510円　〒 450円

羽後和田　▲知 内　大 嶺　館　多 里　飛騨古川

各 1,840円　〒 450円

秋田　▲上石見　▲本荘　八が岳

各1組 600円　〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ
大槌・霞露岳
大間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡
掛塚・見付

1/20万 地質図　各 〒 300円（※近刊）

各440 円

石巻　大分　男鹿島　唐津　高知　野辺地　羽幌　松山

輪島　伊良湖岬

各 620円

青森　網走　酒田　新庄　標津　苫小牧

深浦　宮津　稚内

各 870円

岩内　天塩　広尾　尻屋崎

各 1,140円

根室　鳥取　北見　剣山　斜里

各 1,310円

留萌　帯広　知床岬

釧路　豊橋　野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎　旭川

2,350円

▲弘前および深浦

1/7万5千 地質図 説明書付き

各 490円　〒 400円

鬼首　高松　徳島　勿来

1/50万 地質

1,280円

岡

1,950円

福

500円

八丈

奄美大

2,320円

▲釧

以上〒 300

地学雑誌　隔月発行，１カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 87, No. 6 (828), 1978

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物 （※近刊 ▲印新刊）

各 〒400円		
1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
※1/200万	日本活断層図	930
▲ 1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 ｝組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 ｝	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900

海洋地質図　各 〒400円			
1/ 20万	(Ⅰ)	甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(Ⅱ)	対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(Ⅲ)	相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(Ⅳ)	相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(Ⅴ)	紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(Ⅵ)	紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(Ⅶ)	琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(Ⅷ)	西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
▲1/ 20万	(Ⅸ)	八戸沖表層堆積図	2,350

日本油田ガス田図	(Ⅰ)	青山奥	820
〃	(Ⅱ)	横　浜	820
〃	(Ⅲ)	横須賀	820
〃	(Ⅶ)	魚　沼	3,410 〒750
〃	(Ⅷ)	本　宿	1,510
〃	(Ⅸ)	七　谷	820
〃	(Ⅹ)	茂　原	2,140
〃	(Ⅺ)	佐　渡	1,510
同上	説明書	佐　渡	1,510

日本水理地質図　各 〒400円		
(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	650
(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	650
(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	650
(Ⅶ)	千葉西部	650
(Ⅷ)	奈良県大和川流域	650
(Ⅺ)	長野県松本盆地	650
(Ⅻ)	兵庫県南西部	650
(ⅩⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	650
(ⅩⅤ)	都城盆地	650
(ⅩⅥ)	仙台湾臨海地域	840
(ⅩⅦ)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	650
(ⅩⅧ)	福岡・大分山国川および駅館川流域	650
(ⅩⅨ)	熊本県白川および黒川流域	650
(ⅩⅩ)	鳥取県日野川流域	840
(ⅩⅪ)	福岡県矢部川中流域	840
(ⅩⅫ)	山梨・長野県釜無川上流域	1,110
(ⅩⅩⅢ)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,390
(ⅩⅩⅣ)	長野県千曲川中流域	1,390
(ⅩⅩⅤ)	島原半島	1,510
▲(ⅩⅩⅥ)	長崎県諫早北高地区	1,260
▲(ⅩⅩⅦ)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,260

空中磁気図　各 〒450円		
(Ⅰ)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,030
(Ⅱ)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,030
(Ⅵ. Ⅶ)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,030
(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,030
(Ⅺ Ⅻ)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,030
(ⅩⅢ)	福井-豊岡-隠岐海域	590
(ⅩⅣ. ⅩⅤ. ⅩⅥ)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1,550
(ⅩⅦ, ⅩⅧ)	天北-十勝地域	590

各〒450円（ただしⅠ，Ⅱ，Ⅲは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870円）

日本炭田図	(Ⅰ)	常磐炭田図ならびに説明書	1,700
〃	(Ⅱ)	北松	2,930
〃	(Ⅲ)	留萌炭田大和地区	730
〃	(Ⅳ)	常磐炭田泉地域	730
〃	(Ⅴ)	釧路炭田新鍵別地域	730
〃	(Ⅵ)	石狩炭田空知区東芦辺地域	1,330
〃	(Ⅶ)	釧路炭田北西部	1,330
〃	(Ⅷ)	雨竜一留萌	2,930
〃	(Ⅸ)	佐世保市南西部新	1,33[illegible]
〃	(Ⅹ)	新潟県赤谷	1,33[illegible]
〃	(Ⅻ)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	1,76[illegible]
〃	(ⅩⅢ)	天北炭田地質図	4,19[illegible]
		天北炭田炭層対比図炭柱図	2,65[illegible]

▲ Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
並製 3,780円



写真 1　U 字谷のヴェルーを切るゴルジュ（ユバイ谷，フランス・アルプス）



写真 2　ロッシュ・ムトネの溶蝕形
（オッスー氷河前面，ピレネー中部）

氷河基底の流水がつくる地形

Erosional Forms Made by Sub-glacial Streams

U字谷を切って発達する深いゴルジュは，氷河が消え去った後に，河川によってU字谷底が下刻されつくられたものと一般には考えられてきた。しかし現実の氷河の研究が進むにつれて，アルプスの氷河ような温暖氷河の基底部には，常にかなりの量の流水があることが明らかになってきたのである。氷河それ自体，重要な水資源であるが，この氷河基底部の流水を直接利用するために，氷河の底に多くのトネルが掘られるようになった。その結果，これまで考えられていたような“なめらかなU字谷の底”に深いゴルジュが穿たれている場合の多いことがわかったのである。ゴルジュの谷壁は極めて急で，垂直あることも多く，ストリエをもたない削磨や大きなポットホールなど，水流による侵食の痕をとどめてることが多い。

写真1は，フランス南部を流れるデュランス川上流ユバイ谷のU字谷に見られる，ヴェルーを刻んだルジュを示したものである。ゴルジュの幅は約 15 m，これに対して深さは 125m に達する。ヴェルーU字谷を横切る堰のような地形で，周囲の岩石よりも侵食に対する抵抗性の大きな岩石（写真の例は三系の堅固な石灰岩）からなることが多い。写真手前側のカルク・シストからなるフリッシュ帯では，差侵食によってオンビリック（U字谷中の閉塞盆地）がつくられている。ヴェルーの頂部はロッシュ・ムネ状を呈し，ストリエが見られる。

氷河基底部を流れる水は年間を通じて 0.2～0.3°C の冷たい水であるが，CO_2 の溶存量は比較的高·pH 6以下になることも稀ではない。こうして写真2に示したような純粋な石灰岩の露出地域では，流による溶蝕が行なわれる。写真のロッシュ・ムトネの表面には沈澱した炭酸石灰が1～2mm の厚さでびりつき，その石灰の沈澱物の上に再びストリエがついているという状態であった。オッスー氷河はピネー中部の高峰ヴィニュマル（3298m）の南側にある小さなカール氷河で，写真に示したのは，19 世紀氷河前進期に氷蝕を受け，その後解氷された新鮮なロッシュ・ムトネの部分である。

（1976 年 8 月，小野有五撮影，Photo by Y. Ono）

地学雑誌 87, 6 (1978)

東亜の古生代こけ虫化石の研究

坂 上 澄 夫*

Study of the Paleozoic Bryozoa in East Asia

Sumio SAKAGAMI

Abstract

I. Outline of historical reviews

The Paleozoic bryozoan researches in Asia were introduced after the 20th century except for the reported from the Salt Range bryozoan fauna which was described by WAAGEN and PICHL (1885), and WAAGEN and WENTZEL (1886). In East Asia, although there are some pioneered works on the Paleozoic bryozoans by MANSUY (1912, 1913), YABE and HAYASAKA (1920), NEWTON (1926), REED (1927), YOH (1932), OZAKI (1933), YABE and SUGIYAMA (1942) and so on, they were not systematic studies of Bryozoa.

The Paleozoic bryozoan studies in East Asia were earnestly made since 1950, namely, in China by YANG, LOO, HU, HSIA, LIU, LI; in Altai and Siberia of USSR. by NEKHOROSHEV, TRIZNA, ASTROVA, MODZALEVSKAYA, ROMANTCHUK and MOROZOVA; in Japan and Southeast Asia by SAKAGAMI and SUGIMURA.

II. Study of Paleozoic bryozoans in Japan

Generally the Silurian-Devonian bryozoans in Japan are ill-preserved and rare, and only one species of the Silurian bryozoan: *Monotrypella? yabei* has been hitherto described by SUGIYAMA (1944) from the middle Silurian of Japan. Recently, some materials, however, were collected from the Kitakami and Hida massifs. They are *Stereotoechus Kitakamiensis* (n. sp., MS) and some fenestellids from the middle Devonian of the Kitakami massif, and *Eridotrypella?* sp. (probably n. sp., MS), *Fenestella* sp. indet. and *Sulcoretepora* sp. indet. from the Devonian of the Hida massif. They will be described paleontologically in the near future. The Carboniferous-Permian bryozoans in Japan have been summarized by SAKAGAMI (1967b, 1970a). Later, SUGIMURA and OTA (1971), SUGIMURA (1972, 1974), and SAKAGAMI and SUGIMURA (1978) studied some Upper Paleozoic bryozoans from the Akiyoshi limestone.

III. Study of Paleozoic bryozoans in China

Recently, its Paleozoic bryozoan studies have been greatly progressed by the efforts of YANG, K. C. and his collaborators. At present, 440 species of the Paleozoic bryozoans have been described and illustrated as shown in Table 1.

IV. Study of Paleozoic bryozoans in Southeast Asia

The Silurian and Devonian bryozoans from Indo-China are very poor and insufficient

* 千葉大学理学部地学教室 Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University

for comparison with those of other areas, however, the "Anthracolithic" bryozoan fauna, in spite of small one, contains the European and/or Salt Range elements. The further studies should be expected.

On the other hand, our knowledge of the Paleozoic bryozoan fauna from the Thai-Malayan district has much progressed in this decade by SAKAGAMI (1963-). At present, about 30 species of the Carboniferous and more than 90 species of the Permian bryozoans have been described from 16 localities in the Thai-Malayan district. Generally these bryozoan faunas constitute a unique assemblage but contain both European and Asian elements among its genera.

V. Comparison of Paleozoic bryozoan facies between Japan, China and Southeast Asia

Table 2 shows the distributions of the bryozoan genera in East Asia. As shown in Table 3, total numbers of bryozoan genera in each Period are gradually increased to the younger, but it is different from the world-wide tendency.

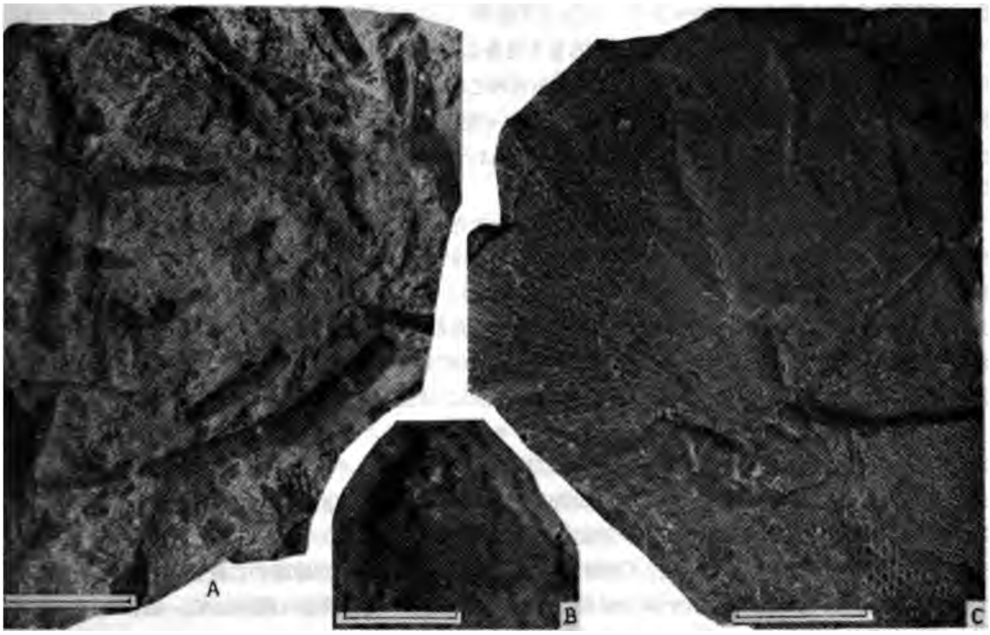
The most world-wide genera in the Paleozoic Group, i. e., *Fistulipora*, *Fenestella* and *Polypora* are known abundantly also in East Asia. They are known from the Ordovician to Permian, but are extremely rare in the Ordovician and Silurian. Thus, there seems to be a large change of the Paleozoic bryozoan facies between the Silurian and Devonian. On the other hand, in East Asia, the common genera between the Devonian and Carboniferous bryozoan faunas are only 8 and a considerable change between them is recognized. There are 20 common genera between the Carboniferous and Permian faunas, and their relationship between two faunas seems to be successive.

I. 研究史の概略

こけ虫動物は，不確実なものが上部カンブリア系から知られているが，確かなものは下部オルドビス系から知られ，以後急激に分化発展している。古生代のこけ虫類は枝状，塊状，網目状などの群体（第1図）をなし，礁形成者 (Reef builder) として重要な役割を果した。この類は裸喉綱 (Class Gymnolaemata) の6目中5目が恐らくオルドビス紀に出現し，その中で円口目 (Order Cyclostomata) と櫛口目 (Order Ctenostomata) は共に中生代以後も同程度の分化がみられるが，胞孔目 (Order Cystoporata)，変口目 (Order Trepostomata)，隠口目 (Order Cryptostomata) の3目は二畳紀末にはほとんど滅亡してしまった。三畳紀には円口目4属13種，変口目9属24種，隠口目1属1種が記録されている。しかし，アルメニア産の隠口目に属する *Polypora darashamensis* は二畳系最上部から採集されたものかも知れない。三畳紀のこけ虫が極端に減少していることは，古生代の地史学的変遷を考察する上で重要である。

NICKLES and BASSLER (1900) によると，古生代こけ虫化石を扱った最初の論文は EICHWALD, E. (1829) とされており，それ以後公表された約240篇の論文が上記著者らの "Synopsis" に収録されている。それらの著者のうち，LONSDALE, W., PHILLIPS, J., MCCOY, F., ORBIGNY, A.d'., HALL, J., EICHWALD, E. von, GEINITZ, H. B., MEEK, F. B., NICHOLSON, H. A., ULRICH, E. O. などは斯道の不滅の研究者達で，普遍的な属名がこれらの人達の名に因んで付けられている。とくに，ULRICH, E. O. は大著「Paleozoic Bryozoa」(1890) を著し，「古生代こけ虫の研究は，薄片による観察が絶対に必要 (absolutely necessary) である」と述べ，それ以後の研究に大きな指標を与えた。現在では，古生代こけ虫は薄片のみによって同定することはできても，表面標本のみによって同定することはほとんど不可能である。

他の多くの学問分野におけると同様，アジアにおける古生代こけ虫類の研究も，19世紀にはまだ全く暗



第1図　古生代こけ虫の群体表面
A. *Stenopora* の枝状群体（イランの二畳系産），B. *Fistulipora* の塊状群体（タイの二畳系産），C. *Polypora, Fenestella, Septopora* などの網目状群体(イランの二畳系産)。スケールの全長は 2cm を示す。

黒時代であった。わずかに当時イギリスの植民地であったパキスタン北部のソルトレンヂは WAAGEN, W. らによって19世紀末に地質学・古生物学的研究がなされ，古生代こけ虫化石についても WAAGEN and PICHL (1885), WAAGEN and WENTZEL (1886) による重厚な研究が残されている。20世紀に入り，欧米やわが国の研究者が中国や東南アジア地域の地質・古生物に手をつけはじめ，MANSUY, H. (1912, 1913), YABE, H. and HAYASAKA, I. (1920), NEWTON, R. B. (1926), REED, F. R. C. (1927), YOH, S. S. (1932), OZAKI, K. (1933), YABE, H. and SUGIYAMA, T. (1942), OAKLEY (1948 in MUIR-WOOD) による古生代こけ虫の記載があるが，それらは本格的または系統的研究とは言い難い。

東南アジアの旧仏領インドシナ（トンキン，アンナン，カンボヂャ，ラオス，云南[1]）では，その地質学・古生物学的研究をおこなった MANSUY による古生代こけ虫の記載と PATTE, E. (1926) によるわずか1種 (*Eridotrypa ?* sp.) に関する記載以外現在までそれに追加する研究がない。タイ・マレーシアでは，1963年以後坂上が東南アジア地質古生物研究の一環として，古生代こけ虫の研究に従事し多くの成果をあげている。

わが国では，HAYASAKA, I. (1924), OZAWA, Y. (1925) が，それぞれ青海石灰岩，秋吉石灰岩から5種ずつの石炭―二畳紀こけ虫を記載したが，これらは，日本の古生代こけ虫化石研究に先鞭をつけた点で意義がある。さらに，杉山敏郎 (1941) は北海道日高層群中からこけ虫化石3種（いずれも未定種）を二畳紀のものとして記載報告しているが，すでに指摘した (SAKAGAMI, 1972b) ようにそれらは三畳紀の可能性があり，再検討を要する。その後，わが国における古生代こけ虫化石の研究は一時途絶えたが，1960年以後は坂上，杉村によって研究が続けられ，それらの成果は SAKAGAMI (1970a, 1976b) によっ

1)　云南のものは，この論文中では中国産こけ虫化石の中で扱う。

て一応総括されている。

中国で古生代こけ虫が本格的に研究されるようになったのは1950年以後で，楊敬之（YANG, K. C., 1950）が湖南の上部デボン系および下部石炭系からのこけ虫化石を記載して以来，陸麟黄(LOO[2), L. H.) 胡兆珣（HU, Z. X.），夏鳳生（HSIA, F. S.）といった協力者と共に多くの研究論文を公表している。また，最近では刘效良（LIU, I. L., 1976），李寿書（LI, S. Q., 1977）が華北と中南地区の古生物図冊中に古生代こけ虫の記載をおこなっている。

ソ連では古くから古生代こけ虫の研究が専門的におこなわれ，現在に至っているが，そのうち東亜地域を対象としたものは戦後になってから公表されている。すなわち，NEKHOROSHEV, I. P. (1948, 1956) はアルタイ地方のデボン系，アルタイ，シベリア地方の下部石炭系産のこけ虫化石についてのモノグラフを著し，さらに NEKHOROSHEV (1961) はシベリア地方のオルドビス系とシルル系から多くのこけ虫化石を記載報告した。また，TRIZNA, V. B. (1958) はクズネッツ盆地の石炭紀こけ虫の研究をおこない，ASTROVA, G. G. (1965) はオルドビス紀，シルル紀のこけ虫類を総括し，その中にシベリア地方の新資料を加えている。さらに東方のハバロフスク，プリモルスク，アムール川流域からも MODZALEVSKAYA, E. A. and NEKHOROSHEV, V. P. (1965) が下部デボン系からの，ROMANTCHUK, T. V. (1966, 1967, 1968) が二畳系からのこけ虫を記載報告し，さらに MOROZOVA, I. P. (1970) による後期二畳紀こけ虫化石の総括論文中にも同地域内の新資料が加えられた。

パミールにおける研究として最近，GORJUNOVA, R. V. (1975) は当地域の二畳系から多くのこけ虫化石を記載報告した。また，カシミールでは最近二畳系と三畳系の境界問題に関連して，詳細な層序学的研究が NAKAZAWA, K. et al. (1975) によっておこなわれ，その古生物学的研究も近く公表される予定である。筆者（SAKAGAMI, S., MS.）もその一端を担って，二畳紀こけ虫について検討した。

チモール島は，古くから古生物学の研究地として注目されているところであるが，BASSLER, R. S. (1929) によって多くの二畳紀こけ虫化石が記載報告され，それが東南アジアやオーストラリアのこの類の研究の重要な基礎的比較研究資料となっている。

オーストラリアでは，BRETNALL, R. W. (1926) によって古生代こけ虫研究の先鞭がつけられ，CROCKFORD, J. (1941-1957) が本格的な研究をなし，多くの成果を残している。その後，ROSS, J. P. (1961) によるオルドビス紀，シルル紀，デボン紀のこけ虫，WASS, R. E. (1966-1969) によるデボン紀，二畳紀のこけ虫の研究などがある。

II.　日本の古生代こけ虫の研究

わが国の古生代こけ虫化石のうち，シルル紀・デボン紀のこけ虫は，これまでほとんどかえりみられていなかった。記載されたものとしては，杉山敏郎（1944）によって *Monotrypella? yabei* SUGIYAMA が佐川盆地の妹背石灰岩と北上山地日頃市ヤマナス沢のシルル系から報告されただけである。筆者は，折にふれて日本のシルル紀・デボン紀こけ虫の蒐集に心がけてきた。識別し得たものはわずかであるが，現在までの知見をまとめてみたい。

1）　シルル紀こけ虫

a）杉山（1944）によって報告された *Monotrypella? yabei* SUGIYAMA の原標本について再検討したが，標本の保存は甚だ悪く，杉山の記載以上の事実は明らかにできなかった。

b）高知県横倉山五味採石場の転石中に *Monotrypella* と思われるものを発見したが，薄片を作り鏡下で調べた結果は再結晶作用が著しく，正確な構造を把握することができなかった。

c）国立科学博物館所蔵の標本中，「クサヤミ沢 “*Monotrypella yabei*”」のラベルのついた黒色石灰岩について薄片を作って調べた結果，上記横倉山産のものに酷似していることがわかった。

2）最近の論文では LU と改めた。

d）杉山（1944）が記載報告した化石の中に，床板サンゴとして *Coenites* sp. がある。この属は研究者によってこれが床板サンゴとされたり，こけ虫とされたりで，必ずしもその所属が明確でない。BROOD, K.（1970）は *Coenites* 2種を記載したが，その wall の構造を走査電顕によって観察して，それらをこけ虫と考えた。筆者も横倉山から多産する *Coenites* について走査電顕による観察を試みたが，再結晶作用のためか，解明するに至らなかった。わが国のシルル・デボン系からは *Coenites* がごく普通に産出するので，今後の解明が望まれる。

e）岐阜県吉城郡上宝村一重ケ根の産地 HB[3] から *Monotrypella* を発見した。直径1～1.2cm の円柱状をなし，M.? yabei に近似であるが，diaphragm をまったく欠いているので別種である。

2）デボン紀こけ虫

a）北上山地長安寺一大森間の谷から大久保雅弘（1950）によって発見されたこけ虫産地[4] から採集した化石について調べた結果，一見こけ虫と見える化石のほとんどは Favositidae 科の床板サンゴ *Scoliopora, Coenites, Striatopora* などと考えられる。しかし，これら床板サンゴを被覆しているこけ虫 *Stereotoechus* がわずかに発見された。

Stereotoechus 属は DUNCAN, H.（1939）によって創設されたが，現在では北米（ミシガン，ニューヨーク州）のほかソ連（クズネッツ盆地），中国（？として広西）のデボン系からも知られている。当地産のものは，模式種 *S. typicus* DUNCAN に似るが，zooecial tube の径がより大きいこと，wall の beaded structure が弱いことなどで区別できる。また，楊敬之・胡兆珣（1965）が広西（Kwangsi）から記載した *S.? monolamellatus* YANG et HU は当地産のものと zooecial tube の径，wall の構造において近似であるが，acanthoecia, mesoecia の配列において異なる。*Stereotoechus kitakamiensis* n. sp. として他日記載する予定である。

b）岩手県長坂町近傍で橘行一（1950）が中倉層（上部デボン系）とした地層からは多少のこけ虫化石を産するが，ほとんどが Fenestellid で，保存が悪く，種の同定に堪えない。

c）岐阜県上宝村福地空山の B-1（遊歩道）および B-2（遊歩道ウラ）とした地点の黒色頁岩から *Fenestella, Sulcoretepora* などの破片が採集されたが，標本が不完全で保存の状態も悪く，種名を決定するに至らない。

d）岐阜県上宝村福地一の谷の Bed-M とされている黒褐色石灰岩から Eridotrypella? を発見した。*Eridotrypella* 属は DUNCAN, H.（1939）によって設立された属で，現在までに北米をはじめ，中国，ソ連から20数種が知られている。DUNCAN によると，この属は diaphragm が immature region には存在せず，mature region の内部にのみ存在するとされている。福地産のものは，diaphragm が mature region のもっとも外部に1つだけ存在するが，このような *Eridotrypella* は従来知られていないようである。全体的特徴では，北米ミシガン州から記載された *Eridotrypella simplex* DUNCAN や *E. sinuosa* DUNCAN とよく類似している。恐らく *Eridotrypella* 属の新種であろう。

3）石炭紀・二畳紀こけ虫

日本の石炭紀・二畳紀こけ虫化石については，すでに筆者（SAKAGAMI, 1967 b, 1970 a）によって一応の総括がなされているので割愛し，その後の研究についてかんたんにふれるにとどめる。

山口県秋吉台科学博物館の杉村昭弘は永年，秋吉石灰岩のこけ虫化石の蒐集に努め，すでに2，3の研究結果（SUGIMURA, A. and OTA, M., 1971；SUGIMURA, A., 1972, 1974；SAKAGAMI, S. and SUGIMURA, A., 1978）を公表しているが，今後の成果が期待される。

3）1976年夏，JTAF (Japanese Trilobites and Associated Fauna)-Project による産地記号。

4）大久保雅弘（1950）による高稲荷統III Group (Mid. Devonian) に属し，こけ虫のほか三葉虫，腕足類を共産するという。

III. 中国の古生代こけ虫の研究

1962年，楊敬之・胡兆珣は「中国的苔藓虫」を著し，中国で従来記載報告された化石こけ虫類（すべて古生代のもの）を総括した。その後も楊敬之・陸麟黄（1962），楊敬之（1964, 1975），胡兆珣（1965），楊敬之・胡兆珣（1965），楊敬之・夏鳳生（1975, 1976 a, 1976 b），陸麟黄（1978）の研究があり，さらに，最近次々と出版されている中国の古生物手冊や図冊中に楊敬之・夏鳳生・陸麟黄（1974），刘效良（1976），李寿耆(1977）が古生代こけ虫類を扱い，大きな研究成果をあげている。

Table 1 Numbers of species of the Paleozoic bryozoans from China

Age (Period)	No. of Species
Ordovician	9
Silurian	22
Devonian	125
Carboniferous	80
Carb.-Perm.	12
Permian	192
Total	440

以上の研究を総合すると，これまで中国の古生界から440種のこけ虫が知られ，その各時代別の内訳を表1に示した。これによって気付くことは，オルドビス紀とシルル紀の種数がすくないことである。シルル紀は世界的にこけ虫化石の産出がすくなく，一時的に衰退した時期と考えられるが，オルドビス紀は北米，ソ連などから数100種が記載されており，中国では極端にすくないと言うことができよう。それは恐らく調査研究が未着手のためと考えられ，今後の成果が期待される。以下，各時代別に概説する。

1) オルドビス紀こけ虫

オルドビス系産のものは，下部から *Batostomella*（1種），*Nicholsonella*（2種），*Trepocryptopora*（2種），中部から *Batostoma*（1種），*Dianulites*（2種），上部から *Ceramopora*（1種）が知られており，その中にはチベット，バルチック地域および北米産のものと共通性を暗示する種を含んでいる。

2) シルル紀こけ虫

シルル系産のものでは，下部から8種，中部から4種，上部から10種が知られており，*Semicoscinium* cf. *fragilis* ASTROVA を除いてはすべて中国原産種である。いままで知られた属とその種数（カッコ内）を列挙しておく。*Eridotrypa*（1種），*Fistulipora*（1種），*Fistuliramus*（1種），*Graptodictya*（1種），*Hallopora*（1種），*Helopora*（2種），*Hennigopora*（1種），*Monticulipora*（1種），*Orbignyella*（2種），*Prasopora*（1種），*Rhombopora*（1種），*Semicoscinium*（1種），*Ulrichostylus*（1種）。

3) デボン紀こけ虫

デボン系産こけ虫は計125種が知られているが，とくに中部統からのものが多く，南部（広西）と北部（吉林）から計95種をかぞえる。しかし，そのうちの23種は下部統から引きつづいて知られる種である。中南地区古生物図冊（LI, 1977）のデボン紀こけ虫の記載中，下部デボン系産と記してあるもので，かって中部デボン系から記載されたものが多い。中国のデボン系産全種のうち107種が中国原産種であり，11種が国外のものと共通，他の7種は未定種である。共通種のうち，*Cystiramus* cf. *kondomensis* MOROZOVA, *Fenestella* cf. *elongata* KRASNOPEEVA, *F. multicellata* NEKHOROSHEV, *Fistulipora borstshovensis* ASTROVA, *Fistuliramus intermedius* (NEKHOROSHEV), *Helopora devonica* MOROZOVA, *Semicoscinium delicatum* KRASNOPEEVA, *Semicoscinium striatum* NEKHOROSHEV はソ連のアルタイ，クズネッツ盆地の中部デボン系から知られたものであり，*Fistulipora collina* ULRICH, *Leptotrypella* cf. *multitecta* BOARDMAN, *Unitrypa acaulis* HALL は北米産である。はじめ，楊（YANG, 1956）は北部の吉林産の中期デボン紀こけ虫と南部の広西産のそれとでは共通種がまったくなく，属の構成もかなりちがっていることを指摘したが，のちに胡（HU, 1965）が広西こけ虫動物群の追加検討をした結果，属や種の構成においてかなり共通性のあることが判明した。湖南および湖北の上部デボン系からは

19種が知られるが，*Monotrypa parasitica* KEYSERLING をのぞいては中国原産種であるため，他国のとの比較は困難である。

石炭紀こけ虫

炭紀こけ虫化石は，云南，湖南，甘粛からわずかずつが知られていたが，1962年に祁連山から楊敬之・陸麟黄によって多くの新種を含むこけ虫化石が記載報告され，さらに1977年に中南地区から李寿耆によってかなりの種が記載された。云南産のものは MANSUY (1919)，REED (1927) によるもので，*Fenestella* aff. *laxa* PHILLIPS, *F.* cf. *perelegans* MEEK, *Rhombopora* cf. *bigemmis* KEYSERLING などヨーロッパの石炭紀産のものと比較されたものが多い。しかし，中国の石炭紀こけ虫全体をみると，ほとんどの種が中国原産種であり，他国のこけ虫との種段階における比較は困難である。

しかし，とくに下部石炭系産こけ虫の属の構成において，日本のものとソ連のトルキスタン，クズネッツ盆地，ドネッツ盆地などのものと関連性のあることから考えて，地理的にその中間的位置にある中国の動物群がテーチス海域内の共通の性格をもっていることは疑いない。かってわが国から発見された *Nipponostenopora* 属 (SAKAGAMI, S., 1960) は，その後 DUNAEVA, N. N. (1963) によってソ連のドネッツ山地（モスコー南方）の下部石炭系ビゼー統から知られ，さらに最近では楊敬之 (1974) によって中国貴州の下部石炭系から，李寿耆 (1977) によって広西の中部石炭系からも知られるに至った。筆者は目下，杉村昭弘と秋吉石灰岩の石炭紀こけ虫の生層序学的研究をおこなっているが，とくに下部石炭系の試料が多く，中国のものとの関連性が明らかになることが期待される。

上部石炭系からは8種が記載されているにすぎない。そのうち，*Fenestella lucinensis* SCH.-NESTERENKO, *Polypora medvedkensis* SCH.-NESTERENKO はロシア卓状地から産した種であり，*Rhombotrypella mallemukensis* ROSS and ROSS は北東グリーンランド原産種である。また，*Nipponostenopora* は日本やソ連，中国のビゼー統から知られているが，これが中期石炭紀にまで生存していたことが判明した。そのほかの *Fenestella* 1種と *Tabulipora* 3種はいずれも祁連山から知られた新種である。

二畳紀こけ虫

中国の上部石炭系からは25種のこけ虫が記載報告されているが，中国では石炭系上部統とされている大部分，馬平統（船山統）は *Pseudoschwagerina* 帯に属し，国際的にみれば，下部二畳系に相当する。したがって，そのこけ虫化石の内容も当然他国における下部二畳系産のものと類似性を示している。とくに *Polypora biarmica* KEYSERLING, *Polypora transiens* WAAGEN and PICHL, *Polypora gigantea* WAAGEN and PICHL, *Stenopora columnaris* (SCHLOTHEIM) はソルトレンヂの Middle～Upper Productus limestone から知られた種であり，*Fenestella elegantissima* EICHWALD, *Polypora porosa* EICHWALD[5], *Polypora subguadrata* TOULA, *Polypora bifurcata* KEYSERLING, *Stenodiscus arbuscula* (EICHWALD) はいずれも *confer* として記載されているがヨーロッパの二畳系から原記載されたものである。

斗・胡 (1962) のリストでは，二畳系—石炭系産のこけ虫として12種が挙げられている。これは LOCZY (1899), MANSUY (1919), REED (1927) が云南の Anthracolithic あるいは Carboniferous-Permian 系産としたもので，2，3を除いては恐らく二畳紀のものであろう。

中国の下部二畳系産こけ虫類は，これまで112種が記載報告されている。中国で二畳系下部統と称しているものは，陽新統 (Yangsingian) であり，棲霞石灰岩 (Chihsia limestone, *Parafusulina* 帯に相当) と茅口石灰岩 (Maukou limestone, *Neoschwagerina* 帯と *Yabeina* 帯に相当) を含む。最近，内蒙古（, 1976) と中南地区（李，1977）からかなりのこけ虫化石が記載されたが，北部の内蒙古産のものは日本から原記載された *Meekopora densa* SAKAGAMI, *Dyscritella iwaizakiensis* SAKAGAMI, *Polypora* *iyama* SAKAGAMI のほか，新種として記載されたもののうち次の種が日本から記載された種（カッコ

5) *Polypora porosa* EICHWALD, 1895は *Polypora porosa* (HALL), 1883の homonym である。

内）に近似であることが指摘された。*Prismopora delicata* LIU（*P. deformis* SAKAGAMI），*Prismopora tridens* LIU（*P. kuzuensis* SAK.），*Goniocladia sinensis* LIU（*G. intricata* SAK.），*Fenestella tesselata* LIU（*F. nomatae* SAK.），*Fenestella varians* LIU（*F.* cf. *retiformis* (SCHLOTHEIM)），*Penniretepora ernos* LIU（*P. rectodichotoma* SAK., *P. akagii* SAK.,），*Rhabdomson yanchiensis* LIU（*R. nakazawae* SAK.），*Saffordotaxis stelliformis* LIU（*S. morikawae* SAK.）。このように内蒙古の前期二畳紀こけ虫類は，日本のものときわめて密接な共通性を有している。一方，南部の中南地区下部二畳系からは李（1977）が記載しており，既知種との比較があまり記述されていないが，その属の構成から考えて，日本のものよりもむしろ東南アジア（タイ・マレーシア），中近東あたりのものと関連性が強いことが推測できる。

また，楊・夏（1975）は，エベレスト峰地区のこけ虫化石（下部石炭系産１種，下部二畳系産19種，三畳系（土隆群上組）産５種）を記載したが，二畳紀こけ虫19種のうちにはオーストラリア（共通種４種，以下カッコ内同じ），チモール島（２種），ソ連（２種），日本（１種），北米（１種）から知られる既知種を含んでいることが注目される。

上部二畳系産のものは39種あり，そのうち30種は祁連山から記載報告されている。*Dybowskiella* cf. *grandis* WAAGEN and WENTZEL, *Rhabdomeson mammillatus* (BRETNALL) 以外はすべて中国原産種である。属の構成はテーチス海域にごく普通に知られているものである。

IV. 東南アジアの古生代こけ虫の研究

第Ｉ章で概説したように，東南アジアでは旧仏領インドシナ地域の古生代こけ虫を MANSUY, H. (1908, 1912, 1913) とPATTE, E. (1926) が扱っており，東南アジアのそれは，NEWTON, R. B. (1926). OAKLEY, K. P. (1948 in MUIR-WOOD) につづいて SAKAGAMI (1963～) によって研究されている。

1) シルル紀・デボン紀こけ虫

MANSUY (1919, 1920) によると，現在のベトナムであるトンキン，アンナムから次のものが知られている。

トンキン：*Monticulipora* cf. *bowerbanki* M. E. *et* H.（シルル紀），*Eridotrypa?* sp. *Fenestella* sp.?, *Polypora* spp.?, *Monticulipora* cf. *bowerbanki* M. E. et H., *Monotrypa* cf. *sphaerica* HALL（以上デボン紀）。

アンナム：*Fenestella* cf. *capillosa* POCTA（デボン紀）

以上のように，その種数や内容が貧弱で，他地域との比較検討をするには不十分である。

2) "Anthracolithic" のこけ虫

MANSUY (1919, 1920) はトンキン，カンボヂァ，ラオスの "Anthracolithic" から次のこけ虫化石を報告している。

トンキン：*Fenestella* sp.? *Polypara* sp.?, *Synocladia?* cf. *virgulacea* PHILLIPS, *Acanthocladia* cf. *anceps* SCHLOTHEIM

カンボヂァ：*Phyllopora sisophongensis* MANSUY, *Geinitzella crassa* LONSDALE

ラオス：*Goniocladia ramosa* MANSUY, *Stenopora* sp.?, *Fenestella* cf. *fossula* LONSOALE, *F. laosensis* MANSUY, *F.* cf. *perelegans* MEEK, *F.reticutata* MANSUY, *F.* cf. *vetiformis* SCHLOTHEIM, F. spp.?, *Polypora* cf. *megastoma* DE KONINCK, *P. tranninhensis* MANSUY, *Phyllopora ehrenbergi* GEINITZ

以上の動物群からみると，これらはすべて二畳紀のものであり，ヨーロッパ地域やソルトレンヂなどから産するこけ虫類とかなり共通性を有していることがうかがえる。今後の本格的な研究が望まれるところである。

3) 石炭紀こけ虫

石炭紀こけ虫は OAKLEY (1948 in MUIR-WOOD) がマレー半島から6種を記載したのにはじまり，現在までに11属30種が記載報告されている。これについては SAKAGAMI, S. (1975 in TORIYAMA) の総括があるので詳細はそれにゆずる。現在までにタイ・マレーシア地域の6カ所から石炭紀こけ虫が知られ，そのうちマレー半島中部パハン州の Bukit Charas 石炭岩からは保存のよい多数の標本が得られている (SAKAGAMI, 1972 a)。それらはソ連のアルタイ，クズネッツ，トルキスタンの前期石炭紀こけ虫と関連性をもっている。また，タイ北部の EB-49地点 (Union Oil Company of California の地点番号) から得られたこけ虫は標本の保存は悪いが，その構成から石炭紀後期の Lower Gzhelian に相当するのではないかと考えられている (SAKAGAMI, 1967 a)。他の4カ所で産した石炭紀こけ虫はいずれも保存が悪いが，その地質時代は前期石炭紀 Upper Tournaisian 乃至 Viséan であろう。

4) 二畳紀こけ虫

東南アジアの二畳紀こけ虫は，前述の "Anthracolithic" のものを除くと，タイ・マレーシア地域の10カ所から知られ，その時代は Upper Sakmarian 乃至 Dzhulfian (s. l.) にわたっている。これらのものは，チモール島，オーストラリア西部，日本などの二畳紀こけ虫との共通性を有する一方，それらの地域には発見されていない *Ascopora*, *Araxopora* などを含むことから，アルメニアやヨーロッパロシア地域のものとも関連性をもっている。換言すれば，タイ・マラヤ地域の二畳紀こけ虫動物群はその属のレベルでアジアとヨーロッパの両方の要素をもっている。古生物地理区を論ずる上で重要な事実である。

V. 日本，中国，東南アジア地域の古生代こけ虫相の比較

東亜における古生代こけ虫化石の相関性を論ずる場合，種のレベルでそれを検討することが当然必要かつ大切である。中国産のこけ虫類については，本論第Ⅲ章で詳説し，日本およびタイ・マラヤ産のものについては筆者 (SAKAGAMI, S., 1970 a, 1975 in TORIYAMA, 1976 a) による総括的論文の中で検討した。

そこで，ここでは東亜でこれまで記載報告された古生代こけ虫類を巨視的に属レベルでとらえたとき，それぞれの地域間でどのような相異性，あるいは共通性が認められるかを検討することにする。

東亜ではオルドビス紀のこけ虫類は中国から6属9種が記載されているにすぎない。しかし，世界的にはオルドビス紀のこけ虫類はシルル紀のそれをはるかにしのぐ種数が知られているのであって，今後の研究によって東亜におけるオルドビス紀のこけ虫がより多く発見され，記載されることが期待される。

一方，シルル紀は世界的にこけ虫動物が一時的に衰退した時期で，日本のシルル系からは *Monotrypella?* 属が1種，旧仏印からも古く MANSUY (1908) によって *Monticulipora* 属1種が記載されているだけである。中国からは15属22種が記載報告されているが，以上のような現状では東亜内における比較検討をおこなえる段階ではない。*Fenestella* 属と *Polypora* 属は古生代こけ虫の代表的なものであるが，両属とも東亜のシルル系からの産出はいまのところ知られていない。

デボン紀のこけ虫化石の研究は中国で多くの成果があり，28属におよぶが，他地域における研究資料が不十分であるため，比較検討はできない。日本では北上山地，飛驒山地のデボン系中にかなりのこけ虫が存在するが，保存良好の標本が得られず，研究が未着手である。旧仏印ではシルル系のものと同様，デボン系のものも MANSUY (1913) による研究以後全く手がつけられていない。

石炭紀のこけ虫は，日本，中国，タイ・マレーシアからかなりの属種が知られている。胞孔目は中国から5属，日本から4属，タイ・マレーシアから1属が知られ，そのうち *Fistulipora* 属は汎世界的な分布を示し，種数も多い。旧仏印からの報告はないが，調査をおこなえば必ず発見されるであろう。日本と中国との間では3属 (*Cheilotrypa*, *Fistulipora*, *Meekopora*) が共通属である。変口目は中国から12属，日本から4属，タイ・マレーシアからは1属が知られている。タイ・マレーシア産の1属は Dyscritella

属で，他地域から報告がないのは意外である。日本と中国との間での共通属は，*Nipponostenopora, Stenopora, Pseudobatostomella* の3属である。変口目は中国で多くの属に分化しているのにくらべ，日本，タイ・マレーシア地域ではわずかな分化が認められるだけである。このことは研究が不十分であることにもよろうが注目すべきことである。隠口目は中国から9属，日本から14属，タイ・マレーシアから9属が知られ，3地域での共通属は *Fenestella, Polypora, Penniretepora, Septopora, Rhabdomeson, Rhombopora* の6属をかぞえる。隠口目では変口目とは逆に，日本地域において多くの属の分化が認められる。とくに，日本の石炭系—二畳系からごく普通に産する *Streblascopora* 属のような特徴的な属が中国の石炭系からは知られていないこと，日本の石炭系—二畳系，シベリアのハバロフスク，プリモルスクの二畳系から報告されている *Hayasakapora* 属が中国や東南アジア地域からは知られていないことが注目される。

二畳紀のこけ虫相は，属レベルでみると石炭紀のそれと大きな変化はない。胞孔目では石炭紀から引きつづいて *Fistulipora* 属が各地域でよく発達し，Goniocladiidae 科が種類は多くないが各地から知られている。*Hexagonella* 属はソルトレンヂではじめに記載され，その後，ウラル地方，チモール島，マレーシアからも知られるよう

Table 2　Distributions of genera o

Areas / Orders Families Genera	JAPAN				CHINA					VIETNAM CAMBODIA LAOS		
	S	D	C	P	O	S	D	C	P	S	D	A
CYSTOPORATA												
CERAMOPORIDAE												
Ceramopora					0							
FISTULIPORIDAE												
Cheilotrypa			0					0				
Coelocaulis									0			
Cyclotrypa												
Cystiramus							0					
Dybowskiella							0	0	0			
Enfistulotrypa							0					
Fistulipora			0	0		0	0	0	0			
Fistuliramus						0	0	0	0			
HEXAGONELLIDAE												
Coscinotrypa									0			
Hexagonella												
Meekopora			0	0			0	0	0			
Meekoprella				0?								
Prismopora			0	0					0			
ETHERELLIDAE												
Liguloclema												
GONIOCLADIIDAE												
Goniocladia				0					0			0
Ramipora				0					0			
TREPOSTOMATA												
MONTICULIPORIDAE												
Monticulipora						0				0	0	
Orbignyella						0						
Prasopora						0						
HETEROTRYPIDAE												
Araxopora									0			
Eridotrypella		0?					0		0?			
Leptotrypa							0					
Leptotrypella							0					
Paralioclema									0			
ATACTOTOECHIDAE												
Atactotoechus							0					
BATOSTOMELLIDAE												
Batostomella					0		0		0			
Eridotrypa						0					0?	
Geinitzella				0								0
Hunanopora								0				
STENOPORIDAE												
Amphiporella								0				
Anisotrypa								0				
Callocladia								0				
Coeloclemis				0								
Dyscritella				0					0			
Eostenopora							0					
Leioclema			0	0		0	0		0			
Nipponostenopora			0					0				
Rhombotrypella								0	0			
Sinotabulipora								0				
Stenodiscus								0	0			
Stenophragmidium								0	0			
Stenopora			0	0				0	0			0
Stereotoechus		0					0?					
Tabulipora				0				0	0			
CONSTELLARIDAE												
Dianulites					0							
Hennigopora						0						

Paleozoic bryozoans in East Asia.

Orders / Families / Genera \ Areas	JAPAN				CHINA					VIETNAM CAMBODIA LAOS			THAI MALAYA	
	S	D	C	P	O	S	D	C	P	S	D	A	C	P
Nicholsonella					0									
AMPLEXOPORIDAE														
Amplexopora							0							
Monotrypella		0?												
petalotrypa							0							
HALLOPORIDAE														
Hallopora						0								
TREMATOPORIDAE														
Batostoma					0	0								
Diplotrypa							0							
Monotrypa							0				0			
Pseudobatostomella			0	0				0	0					0
CRYPTOSTOMATA														
FENESTELLIDAE														
Anastomopora				0										
Fenestella		0	0	0			0	0	0		0	0	0	0
Hemitrypa							0							
Hinganotrypa									0					
Isotrypa							0							
Phyllopora												0		
Polypora			0	0			0	0	0		0	0	0	0
Protoretepora			0											0
Reteporina							0							
Semicoscinium						0	0							
Thamniscus				0				0						
Unitrypa							0							
ACANTHOCLADIIDAE														
Acanthocladia			0	0					0			0		0
Helopora						0	0							
Penniretepora			0	0				0	0				0	0
Ptylopora								0						
Septopora			0	0				0	0				0	
Synocladia				0					0			0		
ARTHROSTYLIDAE														
Nematopora			0											
Ulrichostylus						0								
RHABDOMESIDAE														
Ascopora														0
Clausotrypa				0										0
Maychella								0						
Nicklesopora								0						
Nikiforovella													0	
Ogbinopora														0
Orthopora							0							
Rhabdomeson			0	0				0	0				0	0
Rhombopora			0	0		0	0	0	0?				0	0
Saffordotaxis			0	0					0					
Streblascopora			0	0					0				0	0
Streblotrypa									0					0
Streblotrypella			0											
PTILODICTYIDAE														
Graptodictya							0							
STICTOPORELLIDAE														
Trepocryptopora					0									
RHINIDICTYIDAE														
Timanodictya														0?
GIRTYPORIDAE														
Hayasakapora			0	0										
Morozovapora			0											
SULCORETEPORIDAE														
Sulcoretepora		0	0	0									0	0

O: Ordovician, S: Silurian, D: Devonian, C: Carboniferous, P: Permian,
A: Anthracolithic (Carboniferous-Permian).

になった。この属は群体表面にhexagonal ridgeのあることによって*Meekopora*属と区別されているので，薄片のみでは*Hexagonella*か*Meekopora*かを識別できないことが多い。日本や中国からはこれまで*Hexagonella*属は知られていないが，今後発見されることが期待できる。また，*Prismopora*属は日本の石炭系および二畳系，中国の二畳系から知られるようになり，いまやその世界的な分布が明らかになった。変口目は日本では石炭系から知られた4属中*Nipponostenopora*を除く3属に4属が加わり7属となり，中国では石炭系から知られた12属中5属が消え，二畳系になって別の4属が現れている。もっとも，二畳紀に現れた4属のうち，*Dyscritella*と*Leioclema*の2属は世界的には石炭紀やそれ以前からも知られている属である。隠口目は日本から15属，中国から12属，タイ・マレーシアから14属が報告されている。そのうち，上記3地域で共通する属は7属あり，日本と中国との共通属は10属，中国とタイ・マレーシアとでは8属，日本とタイ・マレーシアでは9属である。

最後に，東亜の古生代こけ虫の属の数と構成を各紀別にみて，相互の関連性を考察してまとめとしたい。

表3で，東亜では属の数が時代の古い方から次第に増加していることがわかるが，世界的にみればオルドビス紀に属数がもっとも多く，シルル紀で一旦衰

Table 3 Numbers and their ratios of genera of the Paleozoic Bryozoa in East Asia (E) and the world (W).

Age (Period)			E	W	E/W(%)
Ordovician			9	150	6
Silurian			16	85	19
Devonian			30	133	23
Carboniferous	Mississippian	39	33	110	30
	Pennsylvanian		17	76	22
Permian			48	86	56

退し，デボン紀で再び増大し，石炭紀前半（ミシシッピー紀）から後半（ペンシルバニア紀）少し，さらに二畳紀に至ってまた増大する傾向を示す。オルドビス紀には E/W がわずか6％ その理由は東亜でのオルドビス紀こけ虫の研究が中国で僅かしかないためである。シルル紀で 20~30%程度であるが，二畳紀では56%とかなり高率となる。その理由はシルル紀—石炭紀は 古くから多くの属種が記載されているが，二畳紀のそれはほとんどなく，多くのものがソ連，テーチス海域のものであるためである。

古生代こけ虫の代表的な属である *Fistulipora*, *Fenestella*, *Polypora* は東亜においても多 載されている。このうち後二者はいわゆる Fenestellids で，世界的にはオルドビス紀から二 られているが，オルドビス紀，シルル紀では極端に少なく，デボン紀以後にわかに発展する。 では，*Fenestella* 属はオルドビス，シルル両紀に10種程度しか知られていないのに，デボン紀 近くにもなり，石炭・二畳両紀ではそれぞれ350種前後がこれまでに記載されている。*Polypora* ルドビス，シルル両紀にわずか2種であるが，デボン紀には30数種となり，石炭・二畳両紀で 150種前後が知られている。*Fistulipora* 属は Fenestellids ほどではないが，各時代の種数を ると，やはりシルル紀とデボン紀の間でより大きな差異がみられる。このようにしてみると， けるこけ虫相の大転換期はシルル紀とデボン紀の間にあるようにみえる。しかし一方，東亜で と石炭紀の属の構成をみると，両紀での共通属は8属しかなく，かなり大きな変化が認められ と二畳紀とでは共通属が20属もあり，むしろ連続的であると言うことができる。

謝辞

この小論の第Ⅱ章中，日本のシルル紀・デボン紀こけ虫に関する研究は，日本学士院会員・誉教授小林貞一先生を代表者とする日本学士院学術研究費による「日本の三葉虫と随伴化石の 同研究者としておこなったものである。終始懇切な御指導，御鞭撻をいただいた小林先生に心 を表する。また，東北大学所蔵の標本，国立科学博物館所蔵の標本を検討するために便宜を与 本大学村田正文教授，国立科学博物館藤山家徳博士，飛騨地方での調査の際お世話になった東 隆士博士に謝意を表する。最後に，この拙論を校閲し有益な御助言をいただいた千葉大学前田 地質調査所神戸信和博士に厚くお礼申し上げる。

参考文献

ASTROVA, G. G. (1965) : Morfologiya, istoria razvitiya i sistema ordovikskikhi siluri hanok. *Akad. Nauk SSSR Paleont. Inst. Trudy*, **106**.

BASSLER, R. S. (1929) : The Permian Bryozoa of Timor. *Paläont. von Timor* **16**,

BRETNALL, R. W. (1926): Description of some Western Australian Polyzoa. *W. Aus Surv., Bull.* **88**.

BROOD, K. (1970) : The systematic position of *Coenites* Eichwald. *Geol. Föreningen*

holm Förbandlingar, **92**, pt. 4.

CROCKFORD, J. (1941 a): Permian Bryozoa of eastern Australia. Part I. A description of some previously-named species of. Fenestrellinidae (Fenestellidae). *Jour. Proc. Royal Soc. N. S. W.* **74**.

——(1941 b): Permian Bryozoa of eastern Australia. Part II. New species from the Upper Marine series of New South Wales. *Ibid.*, **74**.

——(1941 c): Bryozoa from the Silurian and Devonian of New South Wales. *Ibid.*, **75**.

——(1943 a): Permian Bryozoa of eastern Australia. Part III. Batostomellidae and Fenestrellinidae from Queensland, New South Wales, and Tasmania. *Ibid.*, **76**.

——(1943 b): Bryozoa from the Port Keats bore, Northern Territory. *Proc. Linnean Soc. N. S. W.*, **68**.

——(1944 a): Bryozoa from the Permian of Western Australia. Part I. Cyclostomata and Cryptostomata from the North-West Basin and Kimberley district. *Ibid.* **76**.

——(1944 b): Bryozoa from the Wandagee and Nooncanbah Series (Permian) of Western Australia. Part 1. *Jour. Royal Soc. W. Aust.*, **28**.

——(1944 c): A revision of some previously described species of Bryozoa from the upper Palaeozoic of Western Australia. *Ibid.*, **28**.

——(1945 a): Stenoporids from the Permian of New South Wales and Tasmania. *Proc. Linnean Soc. N. S. W.*, **70**.

——(1945 b): A Bryozoaun fana from the Lake's Creek Quarry, Rockhampton, Queensland. *Ibid.*, **70**.

——(1947): Bryozoa from the Lower Carboniferous of New South Wales and Queensland. *Ibid.*, **72**.

——(1948): Bryozoa from the upper Carboniferous of Queensland and New South Wales. *Ibid.*, **73**.

——(1951): The development of Bryozoan faunas in the upper Palaeozoic of Australia. *Ibid.*, **76**.

——(1957): Permian Bryozoa from the Fitzroy basin, Western Australia. *Dept. Nat. Develop., Bureau Min. Res., Geol. Geophys. Bull.* no. 34.

DUNAEVA, N. N. (1963): Novyivid mshanki *Nipponostenopora* iz nizhnego Karbona Voronezhskoi oblasti. *Paleont. Zhur.*, no. 4.

EICHWALD, E. (1829): Zoologia specialis. Vilnae, 1829-1831, 3 Vols. (Bryozoa, I).

GORJUNOVA, R. V. (1975): Permskie mshanki Pamira. *Akad. Nauk SSSR, Paleont. Inst. Trudy*, **148**.

HAYASAKA, I. (1924): On the fauna of the Anthracolithic limestone of Omi-mura in the western part of Echigo. *Tohoku Imp. Univ., Sendai, Japan*, 2 nd Ser., **8**, No. 1.

HU, Z. X. (1965): Additional material of Bryozoa from the Yukiang formation of early middle Devonian in Henghsien, Kwangsi. *Acta Palaeont. Sinica*, **13**, No. 2.

李寿耆 (LI, S. Q.) (1977): 「中南地区古生物図冊，(一) 早古生代部分，(二) 晩古生代部分」のうちの苔藓虫动物門.

刘敎良 (LIU, I. L.) (1976): 「华北地区古生物図冊，内蒙古分冊」のうち苔藓虫动物門.

LOCZY (1877-1880): Reise des Grafen Béla Széchenyi in Ostasien. III. Capitel VII. Permo-Carbonische Verstinerungen aus der Provinz Yün-nan.

LOO, L. H. (1958): Some Bryozoans from the Chihsia limestone of Hangchow, Western Chekiang. *Acta Palaeont. Sinica*, **6**, No. 3.

LU, (LOO), L. H. (1978): On the bryozoan genus Hinganotrypa. *Acta. Palaeont. Sinica*, **17**, No. 1.

MANSUY, H. (1908): Contribution à la carte géologique de l'Indochine. Paleontologie, 1908.

——(1912): Etude géologique du Yunnan oriental. 2e partie, Paléontologie. *Indochina, Serv. Géol.*, Mém., 1, fasc. 2.

——(1913): Faunes des calcaires à Productus de l'Indochina. *Ibid.*, Mém., 2, fasc. 4.

——(1919): Catalogue Général par terrains et localités, des fossiles recueillis en Indochine

et au Yunnan, par les officiers du Service geographique de l'Indochine, au cours des annees 1903–1918. *Bull. Serv. Geol. l'Indochine*, **6**, fasc. 6.

——(1920a): Supplément au cataloque général par terrains et par localites des fossiles recueilis en Indochine et au Yunnan. *Ibid.*, **7**, fasc. 3.

——(1920b): Fossiles des calcaires ouralo-permiens du Tran-Ninh, Laos. *Indochina, Serv. Géol.*, Mém 7, fasc. 3.

MODZALEVSKA, E. A. and NEKHOROSHEV, V. P. (1965): Rannedevonskie mshanki verkhnego Priamurya. *Ezhegodnik Vses. Paleont. Obshch.*, **17**.

MOROZOVA, I. P. (1920): Mshanki Pozdney Permi. *Akad. Nauk SSSR, Paleont Inst. Trudy*, **122**.

MUIR-WOOD, H. M. et al. (1948): Malayan Lower Carboniferous fossils and their bearing on the Viséan palaeogeography of Asia. *British Mus.* (*Nat. Hist.*) London.

NAKAZAWA, K. et al. (1975): The Upper Permian and the Lower Triassic in Kashmir, India. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Min.*, **42**, No. 1.

NEKHOROSHEV, V. P. (1948): Devonskie mshanki Altaya. *Akad. Nauk SSSR, Paleont. Inst.*, **3**.

——(1956): Nizhnekamennougolnye mshanki Altaya i Sibiri. *Vses. Nauchno-Issled. Geol. Inst. Trudy*, N. S. **13**.

——(1961): Ordovikskie i Siluriyskie mshanki Sibirskoy platformy. *Ibid.*, **41**.

NEWTON, R. B. (1926): On Fusulina and other organisms in a partially calcareous quartzite from the Malayan-Siamese frontier. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, Ser. 9, **17**.

NICKLES, J. M. and BASSLER, R. S. (1900): Synopsis of American fossil Bryozoa. *U. S. Geol. Surv., Bull.* 173.

大久保雅弘(1950)：岩手県気仙沼郡日頃市村のゴトランド・デボン両系について．地質雑 **56**, 657号.

OZAKI, K. (1933): On two species of Ordovician Bryozoa from South Manchuria. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **10**, No. 3–4.

OZAWA, Y. (1925): Paleontological and Stratigraphical studies on the Permo-Carboniferous limestone of Nagato. Part II, Paleontology. *Tokyo Imp. Univ., Fac. Sci., Jour.* **45**, art. 6.

FATTE, E. (1926): Etudes paléontologiques relatives a la géologie de l'est du Tonkin (Paléozoique et Trias). *Bull. Serv. Géol. l'Indochine*, **15**, fasc. 1.

REED, F. R. C. (1927): Palaeozoic and Mesozoic fossils from Yunnan. *Palaeont. Indica*, N. S., **10**, No. 1.

ROMANTCHUK, T. V. (1966) : Novye permskie mshanki Khabarovskogo kraya. *Paleont. Zhur.* No. 2.

——(1967): Novye mshanki otryada Trepostomata iz verkhnei permi Khabarovskogo kraya. *Paleont, Zhur.*, No. 2.

——and KISELEVA, A. V. (1968): Novye pozdnepermskie mshanki Dal'nego Vostoka. *Paleont. Zhur.*, No. 4.

SAKAGAMI, S. (1960a): *Nipponostenopora*, a new Carboniferous Bryozoan genus from Fukuji, Hida massif, Japan. *Jap. Jour Geol. Geogr.*, **31**.

——(1960b): *Hayasakapora*, a new Permian Bryozoan genus from Iwaizaki, Miyagi prefecture, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., No. 39.

——(1961): Japanese Permian Bryozoa. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Papers*, No. 7.

——(1962a): Lower Carboniferous Bryozoa from the Hikoroichi Series, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., No. 46.

——(1962b): Lower Carboniferous Bryozoa from the Omi limestone, Japan. Part 1. *Ibid.*, No. 48.

——(1963a): Lower Carboniferous Bryozoa from the Omi limestone, Japan. Part 2. *Ibid.*, No. 49.

——(1963b): Bryozoa from Pulau Jong, the Langkawi islands, northwest Malaya. *Jap. Jour. Geol. Geogr.* **34**, No. 2–4.

——(1963 c): Some Permian Bryozoa from the Yamanba limestone in the Sakawa basin, Shikoku, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., No. 52.
——(1964 a): Bryozoa of Akiyoshi. Part 1. Permian Bryozoa from the Shigeyasu quarry. *Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus.*, No. 3.
——(1964 b): Bryozoa of Akiyoshi. Part 2. Lower Carboniferous Bryozoa from the Uzura quarry. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., No. 56.
——(1965 a): Revision of the Takagami conglomerate, Choshi peninsula, and descriptions of the Permian Bryozoa from its limestone pebbles. *Ibid.*, No. 57.
——(1965 b): Three Carboniferous species of Bryozoa from Khao Noi, central Thailand. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **36**, No. 2-4.
——(1966 a): マラヤおよびタイの上部古生代蘚虫類. 化石12号.
——(1966 b): The Permian Bryozoan fauna of Ko Muk, peninsular Thailand with the description of the Cyclostomata. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **37**, nos. 2-4.
——(1966 c): The Cryptostomatous Bryozoa from Ko Muk, peninsular Thailand. *Ibid.*, **37**, nos. 2-4.
——(1966 d): Carboniferous? Bryozoa collected by Mr. K. PITAKPAIVAN at Khao Kok, Changwat Rat Buri, Thailand. *Ibid.*, **37**, nos. 2-4.
——(1967 a): On the Paleozoic Bryozoa collected by R. D. STEWART, near Petchabun, Thailand. *Geol. Palaeont. Southeast Aisa* (*GPSEA*), **3**.
——(1967 b): 日本の古生代蘚虫類の研究. 早坂一郎先生喜寿祝賀記念文集.
——(1968 a): Permian Bryozoa from Khao Phrik, near Rat Buri, Thailand. *GPSEA*, **4**.
——(1968 b): Permian Bryozoa from Khao Chong Krachok, Peninsular Thailand. *Ibid.*, **4**.
——(1968 c): Permian Bryozoa from Khao Ta Mong Rai, peninsular Thailand. *Ibid.*, **5**.
——(1968 d): Study on the upper Paleozoic Bryozoa of Japan and the Thai-Malaya districts (Preliminary report). *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. Nat. Milano*-**108**.
——(1970 a): On the Paleozoic Bryozoa of Japan and Thai-Malayan districts. *Jour. Paleont.*, **44**, No. 4.
——(1970 b): Addition to the Permian Bryozoa from Ko Muk, peninsular Thailand. *GPSEA*, **8**.
——(1971 a): On the Palaeozoic Bryozoa collected by Dr. C. K. BURTON from Chumphon, peninsular Thailand. *Ibid.*, **9**.
——(1971 b): A brief note on the bryozoans in association with brachiopods (in Lower Carboniferous brachiopods from Sungei Lembing district, NW of Kuantan Malaysia by J. YANAGIDA), *Mem. Fac. Sci., Kyusyu Uuiv.*, Ser. D, **21**, No. 1.
——(1972 a): Carboniferous Bryozoa from Bukit Charas, near Kuantan, Pahang, Malaya. *GPSEA*, **10**.
——(1972 b): The Triassic Bryozoa from Kusaka, Sakawa basin, Shikoku, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. No. 85.
——(1973 a): Some Permian Bryozoa from Pahang, Malaya. *GPSEA*, **12**.
——(1973 b): Permian Bryozoa from Khao Raen, near Rat Buri, Thailand. *Ibid.*, **12**.
——(1975): Permian Bryozoa from Khao Hin Kling, near Phetchabun, north-central Thailand. *Ibid.*, **16**.
——(1976 a): Paleobiogeography of the Permian Bryozoa on the basis of the Thai-Malayan district. *Ibid.*, **17**.
——(1976 b): History of bryozoological research. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., No. 100 s.
——(MS): Upper Permian Bryozoa from Guryul ravine and spur three kilometre north of Barus. *Palaeont. Indica.*
——and AKAGI, S. (1961): Lower Permian Bryozoa from Miharano, Taishaku Plateau, southwestern Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. No. 43.
——and SUGIMURA, A. (1978): *Morozovapora*, a new Carboniferous bryozoan genus from the Akiyoshi limestone, Japan. *Proc. Jap. Acad.*, **54**, ser. B, No. 6.

SUGIMURA, A. (1972): Three new species of the genus *Hayasakapora* from the Akiyoshi limestone Group. *Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus.*, No. 8.

——(1974): Some Permian Bryozoa from the Zomeki limestone, Yamaguchi Prefecture, southwest Japan. *Ibid.*, No. 10.

——and OTA, M. (1971): A bryozoan reef found near the lowest part of the Akiyoshi limestone Group, Japan. *Bull. Akiyoshidai Sci. Mus.*, No. 7.

杉山敏郎(1941)：日高系中の含蘚虫類石灰岩の地質時代に就いて，地質雑. **48**, 571号.

——(1944)：高知県高岡郡日下村妹背産ゴトランド紀の化石に就いて. 東京文理大地鉱研報 1 号.

橘 行一(1950)：岩手県東磐井郡長坂村附近の古生層. 地質雑. **56**, 656号.

TORIYAMA, R. et al. (1975): The Carboniferous and Permian Systems in Thailand and Malaysia. *GPSEA*, **15**.

TRIZNA, V. B. (1958): Rannekamennougolnye mshanki Kuznetskoi Kotloviny. *Vses. Nauchno-Issled. Geol.-Razved. Inst. Trudy*, **122**.

ULRICH, E. O. (1890): Paleozoic Bryozoa. *Illinois Geol. Surv.* 8.

WAAGEN, W. and PICHL, J. (1885): Salt Range Fossils. Part 5. Bryozoa. *Palaeont. Indica*, ser. 13, 1.

WAAGEN, W. and WENTZEL, W. (1886): Salt Range fossils. Part 6. Bryozoa, Echinodermata, Corals. *Palaeont. Indica*, ser. 13, 1.

WASS, R. (1966): On the species *Fenestella horologia* Bretnall and *Minilya duplaris* Crockford. *Proc. Linnean Soc. N. S. W.*, **91**.

——(1967 a): The generic attribution of *Helicopora ? australis* Etheridge, Jr. *Austr. Jour. Sci.*, **29**, No. 12.

——(1967 b): *Goniocladia* and *Dyscritella* from the Permian of Queensland. *Proc. Linnean Soc.* N. S. W., **92**.

——(1967 c): Permian Polyzoa from the Port Keats district, northern Territory. *Ibid.*, **92**, pt. 2.

——(1968): Permian Polyzoa from the Bowen basin. *Comm. Austr., Dept. Nat. Develop., Bureau Min. Res., Geol. Geophys., Bull.* No. 90.

——and BURMES, J. G. (1969): A new genus of Polyzoa (Cryptostomata) from the Devonian of New South Wales, Australia. *Geol. Mag.*, **106**, No. 2.

YABE, H. and HAYASAKA, I. (1920): Palaeontology of southern China. *Tokyo Geogr. Soc.*, **3**.

YABE, H. and SUGIYAMA, T. (1942): *Batostomella* (*Geinitzella*) from South China and Manchuria. *Proc. Acad. Tokyo*. **18**.

YANG, K. C. (1950): Some bryozoans from upper Devonian and lower Carboniferous of Hunan. *Palaeont. Novit.*, No. 6.

——(1951): Two new species of Bryozoa from the middle Silurian of Kuangyuan, Szechuan. *Bull. Geol. Soc. China*, **31**.

——(1954): The early middle Devonian bryozoans from Wutsun shale, Kwangsi. *Acta Palaeont. Sinica*, **2**. No. 2.

——(1956 a): The middle Devonian Bryozoa from the Heitai Formation of Mishan county, Kirin province. *Sci. Sinica*, **5**. No. 4.

——(1956 b): Some Cyclostomatous Bryozoa from the Permian rocks of Western Hupeh. *Acta Palaeont. Sinica*, **4**, No. 2.

——(1957): Some Bryozoa from the upper part of the lower Ordovician of Liangshan, southern Shensi (including a new genus). *Ibid.*, **5**, No. 1.

——(1958 a): Stenoporidae from Upper Palaeozoic of China. *Ibid.* **6**, No. 2.

——(1958 b): Some bryozoans from the Chihshia limestone of Hangchow, western Chekiang. *Ibid.*, **6**, No. 3.

——(1964): Some bryozoans from the upper Devonian of Changyang, western Hupeh. *Ibid.*, **12**, No. 1.

楊敬之 (Yang, K. C.), (1975)：「大巴山西段早古生代地層志」のうちの苔蘚虫. 地質出版社.

YANG, K. C. and HSIA (Xia), F. S. (1976 a): The Silurian bryozoans from Qujing of Yunnan. *Acta Palaeont. Sinica*, **15**, No. 1.

——and——(1976 b): Devonian bryozoans from Dushan and Wangyou near Huishui, Guizhou Province. *Acta Geol. Sinica*, No. 1.

楊敬之・夏鳳生 (YANG, K. C. and HSIA, F. S.) (1976 c): 珠穆朗瑪峰地区的苔蘚虫化石. 珠穆朗瑪峰地区科学考察報告, 1966-1968. 古生物第一分冊, 科学出版社.

楊敬之・夏鳳生・陸麟黄 (YANG, K. C., HSIA, F. S. and LOO, L. H.) (1974) :「西南地区地層古生物手冊」のうち苔蘚虫の記載部分. 科学出版社.

楊敬之・胡兆珣(YANG, K. C. and HU, Z. X.) (1962) : 中国的苔蘚虫. 中国各門類化石. 科学出版社.

——and——(1965) : Bryozoa of the Tungkangling Formation of Xiangzhou, Kwngsi. *Mem. Inst. Geol. Palaeont. Acad. Sinica*, No. 4.

楊敬之・陸麟黄 (YANG K. C. and LOO, L. H.) (1962) : 祁連山地質誌. 4, 5 分冊, 科学出版社.

YOH, S. S.apd HUANG, T. K. (1932): The coral fauna of the Chihsia limestone of the lower Yangtze valley, China. *Geol. Surv., Acta Palaeont. Sinica*, ser. B, 8, No. 1.

(1978 年 9 月13日受理)

地学雑誌 87, 6 (1978)

沖縄・伊是名島における植物群落の地理的分布とその特質

武内和彦* 仲田栄二** 山本博***

Geographical distribution of plant communities in Izena Island, Okinawa, Japan

Kazuhiko TAKEUCHI, Eiji NAKADA, Hiroshi YAMAMOTO

Summary

The authors tried a phytosociological vegetation survey as a fundamental part of landscape evaluation and planning in the humid sub-tropical Izena Island located in the northern part of Okinawa, southwest Japan. It is the purpose of this paper to clarify the geographical distributions and the characters of plant communities, which are affected not only by the land potentiality but also by a lot of human interventions in the Izena Island.

As a result of plot survey, forest and weed vegetation of the Izena Island has been divided into 9 plant communities, and 2 plant communities further Into 4 and 2 subordinate communities. That is;

1、Forest vegetation,
  A. Pandanus tectorius community,
  B. Thuarea involuta—Casuarina equisetifolia community,
  C. Leucaena leucocephala community,
  D. Pinus luchuensis community,
    a. subordinate comm. of Aristida takeoi,
    b. subordinate comm. of Rhodomyrtus tomentosa,
    c. subordinate comm. of Castanopsis sieboldii,
    d. typical subordinate comm.,
  E. Pittosporo-Quercetum phillyraeoidetis SUZ.-TOK. et HATIYA 1951,
    a. subass. of Pinus luchuensis,
    b. subass. of Fraxinus insularis,
  F. Ardisia sieboldii—Cinnamomum japonicum community
2. Weed vegetation
  G. Marsilea crenata—Scirpus maritimus community,
  H. Typha domingensis community,

* 東京都立大学理学部地理学教室 Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Tokyo

** 岡山大学農業生物学研究所 Institute for Agriculture and Biology, Okayama University, Kurashiki

*** 北海道大学大学院環境科学研究科 Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo

I. **Oxalis corniculata—Panicum repens community,**

Under the recognition of the spatial distributions of the differential species in the communities, actual vegetation map was drawn up as Fig. 3.

Then the authors discussed on the relationship between land potentiality, especially soil potentiality, and plant communities by using vegetation map. They also discussed on the relationship between land use, including religious preservation of special areas in the Izena Island, and plant communities. They found the distributions of plant communities in the Izena Island to be characterized not only by the influences of land conditions such as soil pH but also by the great influences of human interventions such as agricultural land-use.

Such discussions will be useful when we consider the fundamental character of the landscape complex in the humid sub-tropical islands of Japan.

はじめに

本論は，沖縄，伊是名島を対象とした自然立地的土地利用計画策定の基礎として，植生調査をおこなった結果をまとめたものである。

我が国の亜熱帯諸島では，赤土の流出にともなう加速的侵食（門村・山本，1977）に代表されるように，土地自然の特性を無視した土地利用行為が，いたるところで環境破壊をひきおこしている。こうした地域において，今後の土地利用のあるべき姿を考える場合には，土地自然の現状をふまえた土地評価論の展開が重要となる。その際，現存植生は，土地自然と土地利用の性質を複合的に反映した因子として，また，空間の生物的質の指標因子として，意義深いものと考えられる（TAKEUCHI・YAMAMOTO, 1977）。

本論では，調査地域の植物群落の地理的分布とその特質を記載するとともに，他要因との対応付けを前提とした植生調査・植生図化のあり方，景観複合体の中での植物群落の位置についても，若干の考察を加えた。

なお，本調査結果をふまえた伊是名島の土地評価については，土地自然の詳細な分析をまって，別途報告する予定である。また，現地調査は，1977年8月，10月，および1978年1月の3回にわたっておこなわれた。

I. 調査地の概観

伊是名島は，北緯26度56分，東経127度56分付近に位置し，面積13.9km²，周囲16.7km のひろがりをもつ。面積的には，40数島からなる沖縄諸島のうちで，13番目にランクされる中規模の島である。

島の最高点は大野山で標高119.9m，ついでチジン山が標高116.6m である。海抜高度からみると，沖縄諸島の中では比較的標高の低い島に属するが，土地自然は低い島のうちではかなり複雑である。ここでは，まず植生をとりまく自然条件と社会条件（土地利用）を簡単に説明する。

1. 気候条件

1973年から1975年までの伊是名観測所における資料によれば，伊是名島の年平均気温は，22.6°C，平均年降水量は2214mm である。気温については，月平均気温が20°C を超える月が4月から11月までの8カ月間あり，その間の平均気温は，25.3°C である。これに対し，12月から3月までの4カ月間の平均気温は17.1°C であり，高温期と低温期の季節差が認められる。また，降水量は4月から10月の7カ月に多く，その平均は234mm である。また11月から3月までの5カ月間の降水量の平均は 115 mm であるが，とくに，11月と12月の月平均降水量は少なく，100mm 以下となっている。こうしたことから，調査地は，亜熱帯湿潤気候に属していることがわかる。

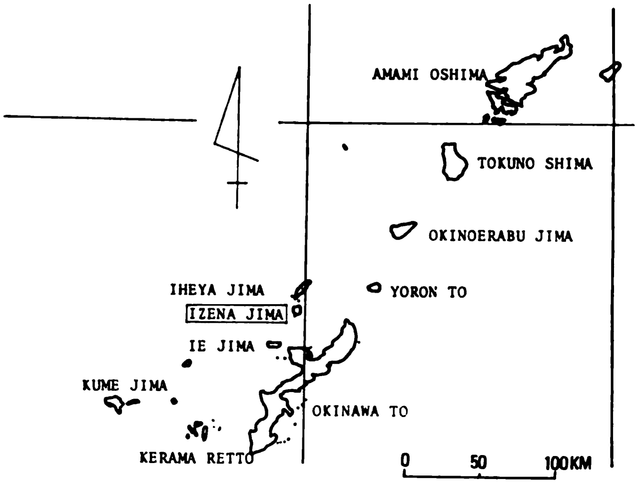


図 1　調査地の地理的位置

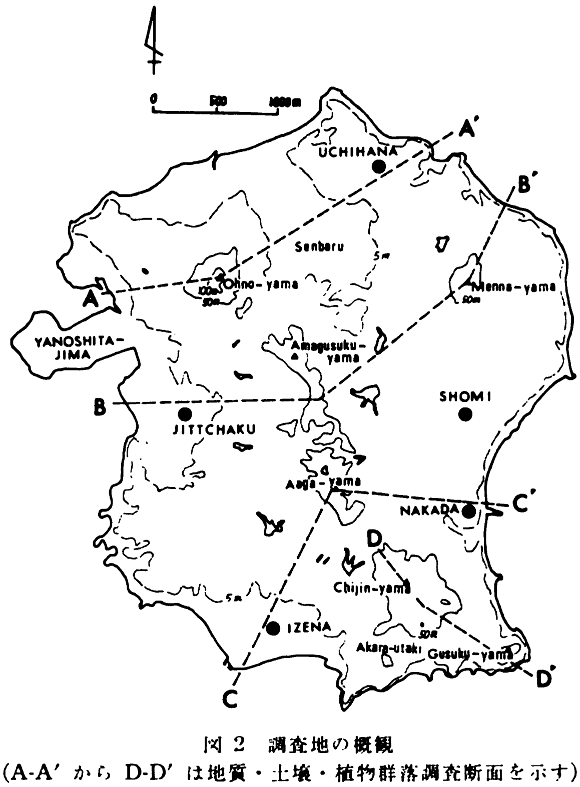


図 2　調査地の概観
(A-A′ から D-D′ は地質・土壌・植物群落調査断面を示す)

沖縄本島付近の降水量と気温分布の地域的差異については，石島（1975 a，b）が論じているが，それによれば，伊是名島は，梅雨期に多雨域に属するほかは，本島付近の中では小雨域に含まれる。また，那覇を基準にした気温からみた地域帯のうちで，伊是名島は，最高，最低，平均気温のいづれも低いグループに含められているが，その理由は，緯度が高いことによるものと説明されている。

2．地質・地形条件

伊平屋島・伊是名島などからなる伊平屋群島は，小西(1971)によると地帯構造的に中古生界の堆積岩類を主体とした本部累帯に属する。

伊是名島の地質は，ISHIBASHI (1968)により，古生界の伊是名累層および中生界の諸見累層と第4系にまとめられている。このうち，伊是名累層は，砂岩，頁岩を含むチャートを主体とし，諸見累層は，砂岩・頁岩の互層や礫岩からなる。

標高50～60m 以上にはこれらを基盤とする山地があり，大野山・メンナー山・チジン山などのチャートからなる山地と天城山・アーガ山などの砂岩・頁岩などからなる山地に区分される。前者は，孤立した山体を形成し，山麓部には，一部に，ギダラ（切りたった，断崖，岩という意味をもつ）と呼ばれる柱状の岩峰がそびえて奇観を呈している。後者は，尾根部が線状に連続し，チャートからなる山地よりも急傾斜の斜面で構成される。

山地をとりかこんで，第4紀に形成された数段の段丘と低地が複雑に分布している。段丘の発達は，砂岩・頁岩を基盤とする部分でよく，チャートを基盤とする部分では，傾斜変換部が不明瞭で，段丘面がゆ

るく海側へ傾斜している。

3．土壌条件

伊是名島の土壌は，沖縄諸島の山地で支配的な黄色土（黒鳥・小島，1969）が山地部に分布することによってまず特徴付けられる（津波古充清他，1976，沖縄県企画管理課他，1977）。また，メンナー山や大野山北部では，赤色土の分布も報告されているが，そのひろがりや性質は明らかでない。さらに，チジン山周辺を中心として，チャートを主体とする基岩の露出した部分では，A層の発達のきわめて悪い岩層土が分布する。

段丘面には，赤色土や黄色土が分布するが，高い段丘面では赤色系の土壌が，低い段丘面や谷壁斜面では黄色系の土壌が多くみうけられる。また，低地には，褐色低地土・グライ土・砂丘未熟土が分布する。褐色低地土は，サンゴ片を含む砂層を母材とし，沖積段丘上や排水のよい低地の下流部を中心に分布する。また，この土壌は，同じ母材からなる砂丘未熟土とくらべ腐植に富む。さらに，グライ土は，浜堤や砂丘により閉塞された内陸の低地・谷底低地に分布する。

また，沖縄県農業試験場（1978）の未発表データによれば，伊是名島の各土壌は，全般的にみて，アルカリ性土壌であるとされる。このことは，土壌と植生の関係をみる場合，きわめて興味深い事実である。

4．土地利用

伊是名島の土地利用は，土地自然と深く関係している。山地や段丘崖には，リュウキュウマツを中心とする林地が分布する。この林地は，小規模であり自然条件にめぐまれないため林業経営のできる基盤はない（津波古他，1976）が，水源かん養や土地保全的な意味で重要な部分である。1960年頃までは，マツを伐採すれば罰せられたといい，現在でも林地を保全することの必要性は，多くの村民によって認められている。また，海岸付近の砂丘未熟土壌域を中心に，モクマオウを主とする防風・防潮林がみられる。

段丘面や低地の褐色低地土壌域には，伊是名村の基幹作物であるサトウキビを主とする畑地が分布する。また，島の北部では同様の土地条件下で牧草地がみられる。この牧草地は，現在急速に拡大しつつあるが，山地の一部を造成するなど，土地保全上の問題をひきおこす危険性も高い。

低地のグライ土域は，多く水田に利用されているが，減反政策により谷底低地をはじめとして，放棄水田がいたるところにみられるようになった。現在，放棄水田の面積は，全水田面積の65%にも達している。また，最近では，1m 前後の盛土により，水田をキビ畑に転換する例もみられる。

低地の浜堤には，（字）伊是名，仲田，勢理客（じっちゃく）の各集落が分布し，さらに，段丘上に，諸見，内花の集落が成立する。琉球王朝以来の古い集落である伊是名，仲田，勢理客，諸見の各集落には，フクギやガジュマルなどの屋敷林，サンゴの石垣がみられ，亜熱帯的な気候景観を呈している（集落の位置については，図2参照）。

II．調査方法と琉球弧の植生地理的位置

1．地図化を前提とした植生調査法

植生地理学的・景観生態学的な議論を展開するためには，「現実には無限に多様な生物共同体を，本質的な特徴によって概念的に序列づけ，概観を可能とする（SCHMITHÜSEN, 1968）」ことが必要である。その際，植生の空間的配分を示す手段である植生図は，本来，それを用いる目的に応じて作成されるべきものである（KÜCHLER, 1967）。そして，もし，植生を，植生と別の自然要因や社会要因と関連付けて考察しようとする場合には，植生の単位的区分（植物群落区分）は，生育気候区分のように他の要因を加味したものではなく，植生のみに内在する条件にもとづいておこなわれるべきである。

植生のみに内在する条件にもとづく植物群落区分と植生図化の方法として，植物の種類組成にもとづく，いわゆる BRAUN-BLANQUET のテーブル方式がある（ELLENBERG, 1956；BRAWN-BLANQUET, 1964；KÜCHLER, 1967）。この方式にもとづく植生図化は，植物群落を特徴付ける診断種群の地理的分布をおうことによってなされるが，小地域的な研究成果を総合するうえでこの手法のもつ役割は大きい（伊藤，1977）。

また，現実にも，我が国で作成された植生図の大部分は，上記手法にもとづくか，優占種によるものである（奥田，1974，1976)。優占種による植生図化は，空中写真が有効に使えるという利点をもち，優占種が群落の性質を強く特徴付けている場合には，他要因との関連性を論じることも十分可能である。しかし，人為的影響を強くうけた地域を中心として，優占種がいわばみかけ上のものである場合は，優占種以外のものも含めた種組成の比較によって群落の特質を明らかにしておくほうがより望ましい。

調査対象である伊是名島は，土地利用状況にしめされるように，強い人為的影響下にある地域であり，優占種が群落の性質を特徴付けていないことも予想される。ここでは，先の根拠で，植物種の組成にもとづく植生調査と現存植生図化がこころみられた。

2．琉球弧の植物社会学的位置

日本の常緑広葉樹林を抱括したヤブツバキクラス（宮脇他，1971)は，琉球弧(奄美・沖縄・先島地方)において下位単位として大きく２つの群団に整理される。ひとつは，リュウキュウアオキ―スダジイ群団（宮脇他，1971；MIYAWAKI・OHBA，1963 によるアマシバ―スダジイ群団と同一）であり，ひとつは，ナガミボチョウジ―クスノハカエデ群団（MIYAWAKI・SUZUKI，1976)である。上記２群団の差異は，前者が非石灰岩系，後者が石灰岩系の土壌母材の差異によるものと説明されており（新納，1971；外間他，1972，1973)，そのことは，森林土壌の性質のうえからも検討されている（竹原，1964，1965)。

海岸付近の植物群落については，MIYAWAKI・SUZUKI (1976) により６つのクラスが報告されている。クラスや群団・群集の多いことは，成帯構造（zonation）の複雑さによるものであり，ヤブツバキクラス等の各群落単位とは空間スケールに相当ずれがあるため，地図化に際して空間レベルをあわせるうえで問題をのこしている。

また，クラス外オーダー（鈴木，1969）に位置付けられるものとして，リュウキュウマツオーダーがある。これは，土地的極相林，初生林，二次林，植林が含まれる（豊原，1973)。代償植生としてのリュウキュウマツ群落には，それが帰属する立地本来の終局群落の構成要素が存在している場合が多く（たとえば，新納他，1973)，また，代償系列上の位置もさまざまである（たとえば，KABASHIMA *et al*., 1977)。したがって，ひとつの地域におけるリュウキュウマツ群落をそれ以外の群落と比較して性格付けておくことが，地域の植生図化の前提として必要である。同様のことが，ススキクラスに含まれる草本を主体とする植物群落（MIYAWAKI *et al*., 1972）についてもいえる。

琉球弧の耕地雑草群落は，ユーラシア大陸と共通なシロザクラス（MIYAWAKI，1964）や，水田雑草群落のイネクラス（MIYAWAKI，1960）に含まれる。また，個々の地域の耕地雑草群落は，地域的差異，立地の差異，管理の差異，季節的差異等によって，さらに下位の群落単位として位置付けられる。

III．伊是名島の植物群落

種組成にもとづく群落単位を抽出するために，方形区を設けた植分調査を80カ所についておこなった。植分調査の結果は，群落区分表にまとめられた。群落区分表は，紙数の関係から，さらに森林植生総合常在度表（表１）と草本植生総合常在度表（表２）に整理された。

1．森林植生

1）低地の森林植生

表１のＡＢＣにアダン群落，クロイワザサ―モクマオウ群落，ギンネム群落の群落区分結果が示されている。これらの群落には，低地の森林植生構成種であるＦ６の種群が共通に出現する。

アダン群落は，Ｆ１の種群により区分されるが，とくに，アダンの優占度が高い。この群落は，MIYAWAKI・SUZUKI (1976) によりまとめられたオオハマボウ―アダンクラス，オオハマボウ―アダンオーダーに対応するが，群団以下のレベルでの位置は明確でない。ここでは，植生図のスケールに対応した群落区分がなされているが，成帯構造を詳細に調査すれば，さらにいくつかの群落単位に区分されよう。

クロイワザサ—モクマオウ群落は，Ｆ２の種群で区分される。この種群は，モクマオウをのぞけば，いわゆる砂浜植生構成種であり，優占種であるモクマオウが，みかけ上のものであることを示している。アダン群落とモクマオウ群落には，海岸付近の森林構成種であるＦ４の種群が共通にみられる。

ギンネム群落は，優占するギンネム１種（Ｆ３）により区分され，アダン群落と同様，出現種数は少ない。クロイワザサ—モクマオウ群落とギンネム群落には，草地・畑地植生構成要素であるＦ５の種群が共通にみられる。

2) リュウキュウマツ群落

表１のＤは，ウバメガシ—トベラ群集*[1]に含まれる林分以外のリュウキュウマツ林の群落区分表である。このリュウキュウマツ林は，Ｆ７の種群によって，リュウキュウマツ群落にまとめられる。この群落は，豊原（1973）によるリュウキュリマツオーダー，リュウキュウマツ群団に対応するが，群集レベルでの位置付けは，他地域との比較を含め，今後の問題として残されている。

リュウキュウマツ群落は，さらに４つの下位群落に区分される。オオマツバシバ下位群落は，極乾性タイプを示すＦ８の種群によって特徴付けられる。この群落は，リュウキュウマツ—オオマツバシバ群落*として，新納（1975 b）が記載しているが，同様の群落は，慶良間列島の渡名喜島，座間味島でも報告されている（新納他，1974 c）

ランニンカ下位群落は，植林等の人為的介在を反映したものと推定されるＦ９の種群が出現し，また，オオマツバシバ下位群落との共通種群であり乾性タイプを示すＦ11の種群が出現することによって区分される。この群落は，新納（1975 b）によりリュウキュウマツ—ノボタン群落*として報告されている。また，新納（1975 c）によるリュウキュウマツ—コシダ群落*も，ほぼ同質の群落と考えられる。このグループに属する群落は，沖縄本島・離島各地でひろく報告されている（新納，1976）。

スダジイ下位群落は，スダジイの崩芽再生林分で見出されたものであり，スダジイ林を特徴付けるＦ10の種群によって区分される。スダジイ林の要素を含んだリュウキュウマツ林については，宮脇他（1974），新納他（1973），KABASHIMA *et al.*（1977）などの報告がある。本群落は，そうしたタイプの群落のひとつと考えられるが，調査地点に少なく，その位置付けは明確でない。

典型下位群落は，Ｆ８からＦ11までの種群が出現しないことによって区分される群落であり，伊是名島のリュウキュウマツ群落の中ではもっとも安定した部分である。

ランニンカ，スダジイ，典型の各下位群落には，Ｆ16の種群が共通に出現する。この種群には，リュウキュウアオキ—スダジイ群団の標徴種やスダジイ林の構成要素が多く含まれている。また，リュウキュウマツ群落には，ヤブツバキクラス・オーダーの構成要素であるＦ17の種群が共に出現する。

3) ウバメガシ—トベラ群集*

ウバメガシを含む林分は，Ｆ12の種群を標徴種とするウバメガシ—トベラ群集*である。この群集は，「断崖や急斜面に生育している我が国の常緑広葉樹林の中ではもっとも乾性の典型的自然生低木林植生（宮脇他，1971）」といわれている。この群集は，ヤブコウジ—スダジイ群団，ウバメガシ亜群団に属するとされるものである（宮脇他，1971；鈴木・鈴木，1973）。

ウバメガシ—トベラ群集*は２つの亜群集に区分される。ひとつはＦ７のリュウキュウマツ群落構成種およびＦ13の破壊された海岸風衝林の構成種を含むリュウキュウマツ亜群集であり，つぎにのべるシマタゴ亜群集の代償植生と考えることができる。シマタゴ亜群集は，Ｆ14の種群によって区分される。この群落は，相観的にウバメガシ純林の様相を呈し，日本列島南限のウバメガシ林として植生地理的に貴重なものと報告されている（新納，1965）。

4) モクタチバナ—ヤブニッケイ群落

モクタチバナ—ヤブニッケイ群落は，Ｆ15の種群によって区分される群落である。Ｆ15の種群は，ナガミボチョウジ—クスノハカエデ群団の標徴種を多く含んでいる（MIYAWAKI・SUZUKI，1976 b）。本群落

は，群集レベルで，上記群団の下位単位に位置付けられよう。本群落に類似した立地条件下にある群落としては，新納他（1974 b）による伊江島のタブノキ—イスノキ群落* などがある。

モクタチバナーヤブニッケイ群落には，ナガミボチョウジ—クスノハカエデ群団構成要素のほかに，F16の種群に示されるようなリュウキュウアオキ—スダジイ群団やF17のヤブツバキクラスの構成種も含まれている。本群落は，種組成からみて，クスノハカエデ群団のうちでも，かなりスダジイ群団に近い性格をもったものと考えられる。

2.　草本植生（雑草群落）

草木層を主体とする植物群落の群落区分結果は，表２にまとめられている。この表によれば，伊是名島の草本植生は，大きく，３つの群落に区分される。それぞれの概要をしめせば，つぎのようである。

1)　ナンゴクデンジソウ—コウキヤガラ群落

水田耕作地にみられる雑草群落であり，Ｗ１の種群によって区分される。この群落は，MIYAWAKI (1960) によるコウキヤガラ群集と対比させて考えることができる。ただし，夏期の灌水時には，コナギ群集群の構成要素（Ｗ２）もみられ，季節的に種組成の変化していることがわかる。

2)　ヒメガマ群落

水田放棄地にみられる雑草群落であり，Ｗ３の種群によって区分される。ヒメガマの優占するこの群落は，水田の放棄後１年以上たつと出現するが，さらに年月がたつとセイコノヨシ（Ｗ４）が侵入し，優占種となる傾向がみられる。

ナンゴクデンジソウ—コウキヤガラ群落とヒメガマ群落には，湿性植物群落指標種であるＷ５の種群が共通に出現する。

3)　カタバミ—ハイキビ群落

水田耕作地・水田放棄地以外の雑草群落は，Ｗ６の種群によって区分される。Ｗ６の種群には，群落体系上の標徴種に相当するものが多く含まれる。ツクシメナモミ群団の標徴種であるオニタビラコ，シロザクラスの標徴種であるエノキグサ，メヒシバ，カタバミ，エノコログサなどがその例である。ただし，群集レベルでは，沖縄諸島全域に分布するとされるハマクワガタ—ルリハコベ群集の標徴種・識別種（ルリハコベ，ヤエムグラ）に加えて，宮古島を主に分布のあるシマニシキソウ—ハリビユ群集の標徴種・識別種（シマニシキソウ，タツノツメガヤ）も同時に出現している (MIYAWAKI, 1969)。このことから，本群落は，ハマクワガタ—ルリハコベ群集のうちでも，種組成的にシマニシキソウ—ハリビユ群集に近いものと考えることができる。

以上区分された雑草群落には，ハイキビなどの随伴種が出現し，雑草群落を特徴付けている。とくに，本来路上植生であるハイキビの多くみられることは，この雑草群落が強い人為的影響下にあることを示唆している。

その他調査地にみられる群落単位としては，海浜植生のグンバイヒルガオ群落やモンパノキ—クサトベラ群集，イワヒバ群落などがある。これらは，本論の対象とする空間スケールでは，地図化される面積をもたないため，省略する。

IV.　植物群落の分布と特質

1.　植生図化と植物群落の分布

群落区分結果にもとづいて，現存植生図が作成された。すなわち，群落区分種の分布域を島全域にわたって追うことによって植生図化がされた。原縮尺１：5,000 で作成された現存植生図を縮少したものが，図３にしめされている。

植物群落の地理的分布を概観してみると，森林植生では，リュウキュウマツ群落が最も広い面積を占めていることがわかる。このリュウキュウマツ群落は，山地や段丘崖を中心に分布しているが，下位群落レ

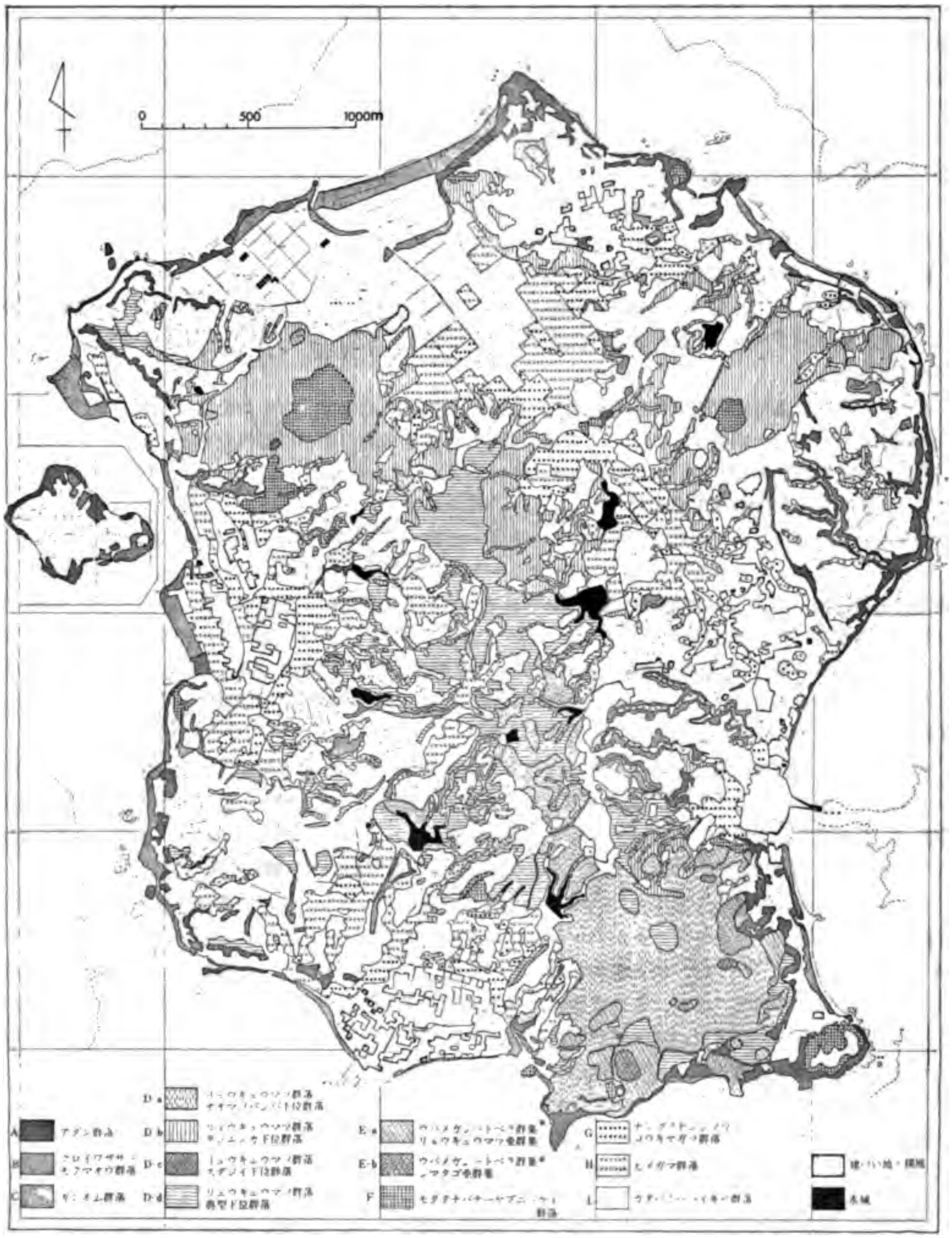


図 3　伊是名島現存植生図

ベルでは分布の偏在が認められる。すなわち，島の北部はテンニンカ下位群落，中部は典型下位群落，南部はオオマツバシバ下位群落が，それぞれ多く占める。なお，スダジイ下位群落は，大野山山麓にわずかにみられるにすぎない。

低地や段丘崖には，アダン群落やクロイワザサーモクマオウ群落がひろく分布している。とくに，低地面には，モクマオウ群落が，段丘崖にはアダン群落が，それぞれ多くみられる。また，ギンネム群落は，道路沿いの低地を主に，ごく一部にみられるにすぎない。

ウバメガシ-トベラ群集* は，チジン山山麓を主に，分布が認められる。そのうち，シマタゴ亜群集（ウバメガシの純林と称されるもの）は，4カ所にみられるにすぎず，そのうち最も面積のひろいものは，アカラ御嶽(うたき)と呼ばれる聖地にある。

モクタチバナーヤブニッケイ群落は，大野山，伊是名城(ぐすく)山，メンナー山にまとまった分布のみられるほか，段丘面や段丘崖を中心に点在しているものも認められる。

草本植生は，島の低地・段丘を中心に，広く分布している。ナンゴクデンジソウーコウキヤガラ群落，ヒメガマ群落は低地に分布し，とくに，段丘を刻む谷底低地は，ほとんどがヒメガマ群落の分布域である。また，カタバミーハイキビ群落は，低地や段丘面に分布するが，とくに段丘上の草木植生は，すべてこの群落からなる。

こうした植物群落の地理的分布の特質は，大部分が，群落の成立をささえる土地自然と土地利用との関連で説明されるものと期待される。ここでは，さらに，伊是名島の植物群落の分布と，それをささえる土地自然，土地利用の関係について考察をすすめる。

2. 土地自然と植物群落の分布

図4は，図2に示された地形断面における，地質・土壌・植物群落の相互関係を示したものである。

チャートを主体とした露岩地には，ウバメガシートベラ群集* の分布がみられるほか，伊是名城山の急斜面露岩地には，イワヒバ群落の分布も認められる。これらの群落の主要構成種は，チャートの巨礫の割れ目に生育している。露岩地の森林植生については，新納他（1974 a，1974 b，1975 a）により，伊江島，塩川（沖縄本島），久米島でオキナワシャリンバイ群落が報告されているが，立地条件は，ほぼ同質である。伊是名島がウバメガシートベラ群集* の南限であることから，この群集が，オキナワシャリンバイ群落におき変わったものと考えることができよう。

チャート主体の岩屑土域には，リュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落が成立する。この立地では，土壌のA層が欠落しており，植生をささえる立地の自然潜在力はきわめて低い。オオマツバシバ下位群落は，立地条件に対応した終局群落（今日の潜在自然植生）と考えることができる。また，土壌の回復しつつある山頂部や山麓部の緩斜面では，リュウキュウマツ群落典型下位群落がみられる。

チャート主体の山地黄色土域では，リュウキュウマツ群落テンニンカ下位群落が分布するほか，本島の原植生のひとつと考えられるモクタチバナーヤブニッケイ群落の分布もみられる。テンニンカ下位群落を構成するリュウキュウマツは，戦後植林されたものであり，この立地（とくに緩傾斜地）は造林の対象にされてきたと考えられる。また，この立地に，本来石灰岩系の暗赤色土(アルカリ土)域の自然植生とされるナガミボチョウジークスノハカエデ群団内のモクタチバナーヤブニッケイ群落のみられることは，一般に酸性土である赤・黄色土が，伊是名島でアルカリ土となっていることに裏付けられたものと考えることができよう。

諸見累層に属する砂岩・頁岩の互層からなる山地黄色土域では，リュウキュウマツ群落典型下位群落が広く分布するほか，テンニンカ下位群落，オオマツバシバ下位群落の分布もみられる。このうち，テンニンカ下位群落の分布は，主として山麓であり，また，オオマツバシバ下位群落の分布は，乾燥した山頂にある。この立地は，水源として島の住民の生活上重要な部分であり，その認識のうえで現在の植生が維持されてきたものと考えられる。

砂礫層からなる台地赤黄色土域には，カタバミーハイキビ群落がひろく分布している。これは，この立地が平坦地であり，畑作・放牧に適し，結果として強い人為的作用が加わったことによるものである。一部の段丘面には，リュウキュウマツ群落やモククチバナーヤブニッケイ群落の分布がみられるものの，そ

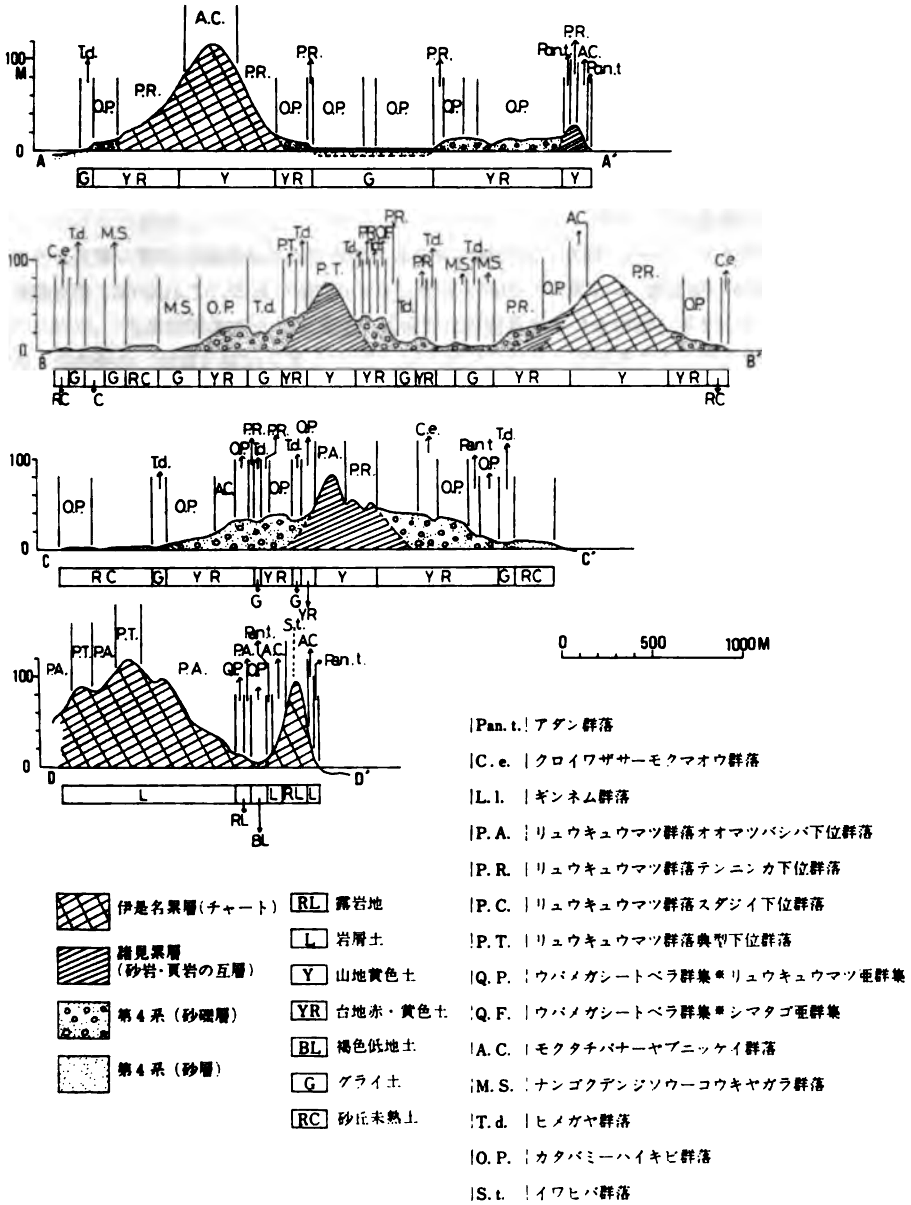


図 4　地形断面にみる，地質・土壌・植物群落の相互関係

の面積はわずかである。また，低地につながる段丘崖には，段丘面の森林植生に加えて，アダン群落やクロイワザサーモクマオウ群落の分布がみられる。とくに，アダン群落の成立には，地質・土壌条件に加えて，海岸からの距離が離れていない（すなわち，海風の強い影響をうけている）ことが条件になっているように，地図上からは読みとれる。

砂層からなる低地の褐色低地土域には，カタバミーハイキビ群落が分布する。これに対し，グライ土域では，湿性立地を反映して，ナンゴクデンジソウーコウキヤガラ群落や，ヒメガマ群落が分布する。ま

た，グライ土壌でもカタバミ―ハイキビ群落が分布するが，その場合には，通常1m 前後の盛土による立地の改変がされている。

低地の砂丘未熟土壌では，カタバミ―ハイキビ群落が分布するほか，海岸に沿ってクロイワザサ―モクマオウ群落の分布がみられる。こうした低地の植物群落は，いずれも，農耕・植林等の強い人為的影響をうけている。

3．土地利用と植物群落の分布

1）祖先崇拝と自然植生

伊是名島の原植生であり，かつ，現在の自然植生であると想定されるものに，アダン群落，ウバメガシ―トベラ群集*・シマタゴ亜群集，モクタチバナ―ヤブニッケイ群落がある。これらは，祖先崇拝のための地として，ほとんど人為的干渉のないまま保護されてきた土地に多く分布している。



図5　伊是名島における墓と御嶽の分布および林地・草地・集落の分布
（沖縄県企画調整部1976，1978を参照しつつ作成）

墓と御嶽（うたき）（聖地）の分布を，図5にしめす。墓は，1部が，リュウキュウマツ群落テンニンカ下位群落の分布域にあるほか，アダン群落の分布域に集中している。これは，アダン群落が段丘崖に多く，集落をはなれ，海を眺望する景勝地にあることによるものと考えられる。

御嶽は，モクタチバナ―ヤブニッケイ群落の分布域に6カ所，ウバメガシ―トベラ群集*の分布域に2カ所，アダン群落の分布域に1カ所，リュウキュウマツ群落・オオマツバシバ下位群落の分布域に2カ所みられる。リュウキュウマツ群落域のうち1カ所は，その背後地に，モクタチバナ―ヤブニッケイ群落がみられる。モクタチバナ―ヤブニッケイ群落は，うっ蒼とした林相を呈し，古くより，神の宿る地とあがめられ，保護されてきたものであろう。

2）山地利用とリュウキュウマツ群落

土地利用の概観で述べたように，調査地のリュウキュウマツ群落は，林業の対象としてよりも，土地を保全する意図により維持されてきたものである。とりわけ，1960年以降は，薪炭材の切り出しもおこなわれなくなり，積極的な意味でないにせよ，リュウキュウマツ群落への人為的干渉は，今日，少ないといってよい。

しかし，同時に，我々は，群落や立地の性質の中に，かつての人為的影響の結果を読みとることができる。リュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落の分布域では，過去の強い人為的影響により，立地が貧化してしまっている。オオマツバシバ下位群落は，この貧化した立地に対応した，土地的終局群落である。リュウキュウマツ群落のその他の下位群落では，立地の貧化は認められないものの，かつて伐採等の強い人為的干渉のあったことは否定できない。典型下位群落は，約30年前に伐採されてのち放置されて今日の姿を呈しており，自然二次林（natural secondary forest）と呼ぶことができる。これに対して，テ

'カ下位群落は，それ以降も，植林等の人為的干渉をうけた，人為二次林（artificial secondary
）と考えられる。また，スダジイ下位群落は，リュウキュウマツ植林時に伐採されてのち再生し
:ダジイの萌芽再生林分である。

農地利用と植物群落

1の雑草群落は，まさしく土地利用の結果を反映したものである。サトウキビの栽培という粗放的な
l用の主な伊是名島では，畑地の雑草群落の種組成と，草地のそれとの差がみられず，雑草群落は，
:ミーハイキビ群落というひとつの単位にまとめられている。畑地・草地利用では，低湿地の場合，
いじめ盛土等の圃場基盤整備がおこなわれるため，低地，台地といった土地条件の差異は，群落の種
:反映されていない。ただし，小規模な水田跡地を立地の改変なしにキビ畑に変更した場合には，雑
の組成が，水田放棄地のそれと基本的に変わっていないことが調査の結果みいだされた。

lは，耕作がつづけられている限り，ナンゴクデンジソウ—コウキヤガラ群落の分布域である。しか
:田を放棄し1カ年を経ると，ヒメガマが侵入しはじめ，やがてヒメガマ群落が成立する。

'マオウは，海岸林・耕地林として，防風・防潮のために，戦後植栽されたものである。モクマオウ
t，生育が早いためにみかけ上は優占しているが，クロイワザサ—モクマオウ群落の種組成にみられ
いに，森林植生としての安定性にとぼしい。人為的干渉が停止され放置されたところでは，徐々にア
群落におきかわりつつある。

)ように，伊是名島の植物群落の分布は，土地自然の特質を生かしながら人間が土地利用をいとなん
:結果を，強く反映しているものといえる。

おわりに

上で，伊是名島における植物群落の地理的分布とその特質が，土地自然・土地利用との関係で説明さ
ここでは，最後に，景観複合体としての伊是名島の基本的性格について，若干の考察を加えてお

6に示されるように，伊是名島は，リュウキュウアオキ—スダジイ群団域〜非石灰岩系〜赤黄色土
生土）〜ススキ草地〜パイン畑と，ナガミボチョウジ—クスノハカエデ群団域〜石灰岩系〜暗赤色土

	自然植生域	地質	土壌	草地	畑地
↓	リュウキュウアオキ—スダジイ群団域	古生層（粘板岩等） 砂礫層	赤・黄色土（酸性）	ススキ草地	パイン畑
伊是名島の位置		チャート	赤・黄色土（アルカリ性）	ハイキビ草地・キビ畑	
↑	ナガミボチョウジ—クスノハカエデ群団域	石灰岩	暗赤色土（アルカリ性）	チガヤ草地	キビ畑

図6　景観複合体としての伊是名島の基本的性格
（土壌 pH については，沖縄県農業試験場1978の未発表データ，草地については，酒井他1976参照）

レカリ土）〜チガヤ草地〜キビ畑という，琉球弧にみられる2つの代表的な景観結合の中間的部分に
付けられる。この中間的性格は，リュウキュウマツ群落，水田雑草群落についても別の景観結合とし
!されるものと予想される。

うした，植物群落をとりまく景観複合体の構造を明らかにしてゆくためには，さらに，潜在自然植生
Eを含めて，土地自然・土地利用の各要因についての分析をすすめる必要がある。そして，土地評価

表1　森林植生総合常在度表

A……………………アダン群落　*Pandanus tectorius* comm.
B……クロイワザサーモクマオウ群落　*Thuarea involuta-Casuaria equisetifolia* comm.
C…………………ギンネム群落　*Leucaena leucocephala* comm.
D…………リュウキュウマツ群落　*Pinus luchuensis* comm.
　a……………オオマツバシバ下位群落　subordinate comm. of *Aristida takeoi*
　b………………テンニンカ下位群落　subordinate comm. of *Rhodomyrtus tomentosa*
　c…………………スダジイ下位群落　subordinate comm. of *Castanopsis sieboldii*
　d……………………典型下位群落　typical subordinate comm.
E………ウバメガシ－トベラ群集*　*Pittosporo-Quercetum phillyraeoidetis* SUZ.-TOK. et HATIYA 1951
　a……………リュウキュウマツ亜群集　subass. of *Pinus luchuensis*
　b……………………シマタゴ亜群集　subass. of *Fraxinus insularis*
F……モリタチバナーヤブニッケイ群落　*Ardisia sieboldii-Cinnamomum japonicum* comm.

（表中のⅠからⅤまでの階級は，各植生単位におけるそれぞれの種々の出現頻度であり0％＜Ⅰ≦20％，20％＜Ⅱ≦40％，40％＜Ⅲ≦60％，60％＜Ⅳ≦80％，80％Ⅴ≦100％である。階級値の右に示した数字は，それぞれの種が最も優占する階層における被度の範囲を示したものであり，被度の基準はBraun-Blanquet (1964)によった。
また，群落を区分する決め手となる種の組み合せは実線で，群落の構造を特徴付ける種の組み合せは破線でくくって，わかりやすく表現した。）

	植生単位	A	B	C	D a	D b	D c	D d	E a	E b	F
	調査区数	5	5	5	6	5	3	7	5	5	7
F 1 アダン群落区分種											
Pandanus tectorius	アダン	Ⅴ$_{3\sim5}$	Ⅰ$_{+}$	·	·	Ⅰ$_{+}$	·	Ⅰ$_{1}$	Ⅰ$_{1}$	·	·
Cycas revoluta	ソテツ	Ⅱ$_{+\sim2}$	·	·	·	·	·	·	·	·	Ⅰ$_{1}$
Hibiscus tiliaceus	オオハマボウ	Ⅱ$_{3\sim5}$	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Clerodendron inerme	イボタクサギ	Ⅱ$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·	·	·	·
F 2 クロイワザサーモクマオウ群落区分種											
Casuarina equisetifolia	モクマオウ	Ⅰ$_{2}$	Ⅴ$_{2\sim4}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Thuarea involuta	クロイワザサ	·	Ⅴ$_{+\sim5}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Toddalia asiatica	サルカケミカン	Ⅰ$_{1}$	Ⅳ$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Achyranthes aspera var. rubro-fusca	ムラサキイノコヅチ	·	Ⅳ$_{+\sim3}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Lysimachia mauritiana	ハマボッス	·	Ⅲ$_{+\sim2}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Cirsium brevicaule	シマアザミ	·	Ⅲ$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Clerodendron trichotomum var. esculentum	ショウロウクサギ	·	Ⅱ$_{1\sim2}$	·	·	·	·	Ⅰ$_{1}$	·	·	·
F 3 ギンネム群落区分種											
Leucaena leucocephala	ギンネム	·	·	Ⅴ$_{4\sim5}$	·	·	·	·	·	·	·

Ehretia microphylla	フクマンギ	I$_1$	I$_+$	·	·	·	·	·	·	·	I$_+$
Euonymus japonicus	マサキ	I$_1$	II$_+$	·	·	·	·	·	·	·	·
Scaevola sericea	クサトベラ	I$_1$	I$_2$	·	·	·	·	·	·	·	·
Celtis boninensis	クワノハエノキ	I$_+$	I$_+$	·	·	·	·	·	·	·	·
F 5 草本植生構成種											
Panicum repens	ハイキビ	·	III$_+$	II$_{4\sim5}$	·	·	·	·	·	·	·
Oxalis corniculata	カタバミ	·	II$_{+\sim1}$	I$_+$	·	·	·	·	·	·	·
Commelina nudiflora	シマツユクサ	·	II$_+$	I$_+$	·	·	·	·	·	·	·
Digitaria adscendens	メヒシバ	·	I$_+$	II$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·	·
F 6 低地の森林植生共通種											
Morus australis	シマグワ	V$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$	III$_1$	·	·	·	·	·	·	I$_+$
Paederia scandens	ヘクソカズラ	II$_+$	III$_+$	I$_+$	·	·	·	II$_+$	·	·	I$_+$
F 7 リュウキュウマツ林構成種											
Pinus luchuensis	リュウキュウマツ	·	·	·	V$_{2\sim3}$	V$_{2\sim4}$	3$_{+\sim2}$	V$_{1\sim4}$	V$_{2\sim4}$	·	·
Cinnamomum doederleinii	シバニッケイ	·	·	·	IV$_{+\sim4}$	IV$_{+\sim2}$	3$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	I$_+$	·	·
Smilax bracteata	サツマサンキライ	·	·	·	V$_+$	II$_+$	1$_+$	V$_+$	II$_+$	·	·
Lophatherum gracile	ササクサ	·	·	·	I$_+$	II$_+$	2$_+$	V$_+$	II$_+$	·	I$_+$
Eurya emarginata	ハマヒサカキ	·	·	·	III$_+$	II$_+$	·	V$_{+\sim1}$	I$_+$	·	·
Miscanthus sinensis	ススキ	·	·	I$_+$	IV$_{+\sim2}$	V$_{+\sim2}$	·	III$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	III$_+$	·
F 8 リュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落区分種											
Aristide takeoi	オオマツバシバ	·	·	·	V$_{+\sim4}$	·	·	·	·	·	·
Cassytha filiformis var. tuduritraticola	ケスナヅル	·	·	·	III$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·
Gahnia tristis	クロガヤ	·	·	·	IV$_{+\sim1}$	I$_+$	3$_+$	·	·	·	·
F 9 リュウキュウマツ群落テンニンカ下位群落区分種											
Rhodomyrtus tomentosa	テンニンカ	·	·	·	·	V$_{+\sim1}$	2$_+$	·	·	·	·
Carex brunnea	コゴメスゲ	·	·	·	·	IV$_+$	1$_+$	II$_+$	·	I$_+$	I$_+$
F10 リュウキュウマツ群落スダジイ下位群落区分種											
Castanopsis sieboldii	スダジイ	·	·	·	·	·	3$_{+\sim5}$	·	·	·	·
Lasianthus cyanocarpus	タイワンルリミノキ	·	·	·	·	·	2$_+$	·	·	·	·
Lindsaea chienii	エダウチホングウシダ	·	·	·	·	·	3$_+$	·	·	·	I$_+$
Myrica rubra	ヤマモモ	·	·	·	·	I$_+$	3$_{+\sim1}$	·	·	·	·
F11 乾性タイプのリュウキュウマツ群落共通種											

	植生単位	A	B	C	D a	D b	D c	D d	E a	E b	F
	調査区数	5	5	5	6	5	3	7	5	5	7
Melastoma candidum	ノボタン	•	•	•	IV$_{+\sim1}$	V$_{+\sim1}$	•	•	•	•	•
Dicranopteris dichotoma	コシダ	•	•	•	IV$_{1\sim2}$	II$_{1\sim4}$	•	•	•	•	•
Pteridium aquilinum var. latiusculum	ワラビ	•	•	•	I$_{+}$	II$_{+}$	•	•	•	•	•
F 2　ウバメガシ－トベラ群集* 標徴種											
Quercus phillyraeoides	ウバメガシ	•	•	•	•	•	•	•	IV$_{1\sim3}$	V$_{4\sim5}$	•
Pyrrosia lingua	ヒトツバ	•	•	•	•	•	•	•	V$_{+\sim1}$	V$_{+\sim2}$	•
Carex boottiana	ヒゲスゲ	•	•	•	•	I$_{1}$	•	•	III$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	•
Pittosporum tobira	トベラ	•	II$_{+}$	•	•	I$_{+}$	•	III$_{+}$	II$_{+\sim}$	V$_{+\sim1}$	III$_{+\sim1}$
F13　リュウキュウマツ林構成種以外のウバメガシ－トベラ群集* リュウキュウマツ亜群集識別種											
Gymnosporia diversifolia	ハリツルマサキ	II$_{+}$	•	•	•	•	•	•	III$_{+\sim1}$	•	•
Cymbopogon tortilis var. goeringii	オガルカヤ	•	•	•	I$_{+}$	I$_{+}$	•	•	III$_{+}$	•	•
Crepidiastrum lanceolatum	ホソバワダン	•	•	•	•	I$_{+}$	•	I$_{+}$	III$_{+}$	•	•
F 14　ウバメガシ－トベラ群集* シマタゴ亜群集識別種											
Fraxinus insularis	シマタゴ	•	•	•	•	•	•	•	•	IV$_{1\sim2}$	•
Liriope tawadae	ヤブラン	•	II$_{+}$	•	•	I$_{+}$	•	•	I$_{+}$	III$_{+}$	•
Tarenna gyokushinkwa	ギョクシンカ	•	•	•	•	•	I$_{+}$	I$_{+}$	II$_{+}$	V$_{+\sim1}$	III$_{+}$
F 15　ナガミボチョウジ－クスノハカエデ群団標徴種およびモクタチバナ－ヤブニッケイ群落区分種											
Cinnamomum japonicum	ヤブニッケイ	I$_{+}$	•	•	•	•	•	II$_{+\sim2}$	•	I$_{+}$	V$_{+\sim4}$
Ardisia sieboldii	モクタチバナ	•	•	•	•	•	I$_{1}$	II$_{+\sim1}$	•	•	V$_{+\sim1}$
Breynia officinalis	オオシマコバンノキ	•	•	•	•	•	•	II$_{+}$	•	•	IV$_{+}$
Diospyros maritima	リュウキュウガキ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	IV$_{+\sim1}$
Drypetes karapinensis	ツゲモドキ	•	II$_{+}$	•	•	•	•	•	•	•	III$_{+}$
Livistona chinensis var. subglobosa	ビロウ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	III$_{+\sim1}$
Schefflera octophylla	フカノキ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	III$_{1\sim3}$
Acer oblongum ssp. itoanum	クスノハカエデ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	II$_{1\sim4}$
Psychotria manilensis	ナガミボチョウジ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	II$_{+}$
F 16　リュウキュウアオキ－スダジイ群団構成種											
Symplocos lucida	クロキ	•	•	•	I$_{1}$	IV$_{1\sim3}$	3$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$	•	•	II$_{+\sim1}$
Elaeocarpus japonicus	コバンモチ	•	•	•	•	II$_{+\sim2}$	3$_{+\sim3}$	V$_{+\sim1}$	•	•	I$_{+}$

Daphniphyllum teijsmannii	ヒメユズリハ	·	·	·	I$_{+}$	III$_{+}$	1$_{+}$	III$_{+}$	·	·	·
Ilex integra	モチノキ	·	·	·	·	II$_{+\sim1}$	2$_{+}$	II$_{+}$	·	·	III$_{+}$
Tricalysia dubia	シロミミズ	·	·	·	·	I$_{+}$	2$_{+}$	I$_{1}$	·	·	II$_{+\sim1}$
Machilus thunbergii	タブ	·	I$_{+}$	·	·	I$_{1}$	·	II$_{+\sim3}$	·	·	III$_{1\sim2}$
Antidesma japonicum	ヤマヒハツ	·	·	·	·	I$_{+}$	1$_{+}$	II$_{+}$	·	·	II$_{+}$
Psychotria rubra	リュウキュウアオキ	·	·	·	·	·	2$_{+}$	II$_{+\sim1}$	I$_{+}$	·	II$_{+\sim2}$
F 17 ヤブツバキクラスおよびオーダーの構成種											
Raphiolepis indica var. insularis	オキナワシャリンバイ	·	I$_{+}$	·	V$_{+\sim2}$	V$_{+\sim2}$	1$_{+}$	V$_{+\sim2}$	V$_{+\sim3}$	V$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$
Syzygium buxifolium	アデク	·	·	·	V$_{+\sim3}$	V$_{+\sim3}$	3$_{3\sim4}$	V$_{+\sim3}$	III$_{+\sim1}$	I$_{1}$	III$_{+}$
Psychotria serpens	シラタマカズラ	·	·	·	V$_{+}$	IV$_{+\sim1}$	2$_{+}$	V$_{+\sim1}$	V$_{+}$	V$_{+\sim1}$	II$_{+}$
Vaccinium wrightii	ギイマ	·	·	·	V$_{+\sim1}$	V$_{1}$	3$_{+\sim3}$	V$_{+\sim3}$	V$_{1\sim3}$	III$_{+\sim1}$	·
Myrsine seguinii	タイミンタチバナ	·	·	·	II$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim2}$	3$_{1\sim2}$	V$_{+\sim3}$	III$_{+\sim1}$	IV$_{+\sim1}$	·
Dianella ensifolia	キキョウラン	I$_{+}$	II$_{+}$	·	IV$_{+\ 1}$	III$_{+\sim1}$	·	II$_{+}$	V$_{+}$	IV$_{+}$	I$_{+}$
Gardenia jasminoides f. grandiflora	クチナシ	·	·	·	I$_{+}$	I$_{1}$	1$_{+}$	I$_{+}$	II$_{+}$	IV$_{+\sim1}$	I$_{+}$
Photinia wrightiana	シマカナメモチ	·	·	·	·	II$_{+}$	3$_{+}$	IV$_{+\sim3}$	V$_{+\sim1}$	I$_{+}$	I$_{+}$
Glochidion obovatum	カンコノキ	·	·	·	·	IV$_{+}$	1$_{+}$	IV$_{+}$	V$_{+}$	·	III$_{+\sim1}$
Ternstroemia gymnanthera	モッコク	·	·	·	·	II$_{+\sim1}$	2$_{+}$	I$_{+}$	I$_{+}$	I$_{2}$	·
Ligustrum japonicun	ネズミモチ	·	·	·	·	I$_{+}$	·	III$_{+\sim2}$	III$_{+}$	IV$_{+}$	IV$_{+\sim1}$
Farfugium japonicum	ツワブキ	·	·	·	·	III$_{+}$	·	IV$_{+}$	·	·	·
随伴種……………………………省　略											

表 2　草本植生総合常在度表（表記法は，表 1 と同じ）

G・・・・ナンゴクデンジソウ－コウキヤガラ群落　　*Marsilea crenata-Srcipus maritimus* comm.
H・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ヒメガマ群落　　*Typha domingensis* comm.
I・・・・・・・・・・・・・・・・・・カタバミ－ハイキビ群落　　*Oxalis corniculata-Panicum repens* comm.

	植生単位	G		H		I
	調査区数	3	5	5	4	13
W 1　ナンゴクデンジソウ－コウキヤガラ群落区分種						
Marsilea crenata	ナンゴクデンジソウ	$3_{1\sim5}$	IV$_{+\sim3}$	・	・	・
Scirpus maritimus	コウキヤガラ	2_{5}	IV$_{+\sim4}$	・	・	・
Oryza sativa	イネ	$3_{+\sim2}$	V$_{+\sim3}$	・	・	・
Cardamine flexuosa	タネツケバナ	・	III$_{+\sim3}$	・	・	・
W 2　夏の水田雑草群落構成種						
Cyperus difformis	タマガヤツリ	$3_{1\sim2}$	・	・	・	・
Monochoria	コナギ	$3_{+\sim3}$	・	・	・	・
W 3　ヒメガマ群落区分種						
Wedelia chinensis	クマノギク	・	I$_{+}$	IV$_{+\sim2}$	$3_{+\sim2}$	・
Typha domingensis	ヒメガマ	・	・	IV$_{2\sim5}$	$4_{1\sim3}$	・
W 4　遷移のすすんだヒメガマ群落の構成種						
Phragmites karka	セイコノヨシ	・	・	・	$4_{1\sim4}$	・
W 5　湿性草本植生の共通種						
Isachne globosa	チゴザサ	2_{+}	IV$_{+}$	V$_{1\sim5}$	$4_{3\sim5}$	・
Ischaemum aristatum	タイワンカモノハシ	・	II$_{+}$	・	3_{+}	・
Alternanthera sessilis	ツルノゲイトウ	2_{+}	V$_{+\sim1}$	II$_{+}$	・	I$_{+}$
W 6　カタバミ－ハイキビ群落区分種						
Eleusine indica	オヒシバ	・	・	・	・	III$_{+\sim4}$
Sonchus oleraceus	ハルノノゲシ	・	・	・	・	III$_{+\sim2}$
Cyperus rotundus	ハマスゲ	・	I$_{+}$	・	・	III$_{+\sim1}$
Oxalis corniculata	カタバミ	・	・	・	・	III$_{+\sim2}$
Digitaria adscendens	メヒシバ	・	・	・	・	III$_{+\sim3}$
Setaria viridis	エノコログサ	・	・	・	・	III$_{+\sim3}$
Erigeron sumatrensis	オオアレチノギク	・	・	I$_{+}$	・	III$_{+}$
Youngia japonica	オニタビラコ	・	・	・	・	II$_{+}$
Anagallis arvensis f. caerulea	ルリハコベ	・	・	・	・	II$_{+}$
Sporobulus fertilis	リュウキュウネズミノオ	・	・	・	・	II$_{+\sim2}$
Bothriospermum tenellun	ハナイバナ	・	・	・	・	II$_{+}$
Euphorbia hirta	シマニシキソウ	・	・	・	・	II$_{+\sim1}$
Amaranthus gracilis	アオビユ	・	・	・	・	II$_{+}$
Dactyloctenium eagyptium	タツノツメガヤ	・	・	・	・	II$_{+\sim2}$
Acalypha australis	エノキグサ	・	・	・	・	II$_{+}$
Galium spurium` var. echinospermum	ヤエムグラ	・	・	・	・	II$_{+}$
Solanum nigrum	イヌホオズキ	・	・	・	・	II$_{+}$
随伴種						
Panicum repens	ハイキビ	・	V$_{+\sim1}$	V$_{+\sim2}$	$4_{+\sim4}$	V$_{+\sim3}$
Eclipta prostrata	タカサブロウ	2_{+}	II$_{+}$	I$_{+}$	・	II$_{+}$
Ludwigia octovalvis ssp. sessiliflora	キダチキンバイ	・	II$_{+}$	I$_{+}$	1_{+}	I$_{+}$
Echinochloa crus-galli var. caudate	ノゲタイヌビエ	・	III$_{+}$	・	・	I$_{+}$
Paspalum vaginatum	サワスズメノヒエ	・	II$_{+\sim1}$	I$_{+}$	・	I$_{2}$
Cynodon dactylon	ギョウギシバ	・	I$_{+}$	I$_{+}$	・	II$_{+}$
Commelina nudiflora	シマツユクサ	・	・	II$_{+\sim2}$	2_{+}	II$_{+\sim1}$
Imperata cylindrica var. major	チガヤ	・	・	・	2_{1}	I$_{+}$
	以下省略					

は，そうした分析結果にもとづいて論じられるべきものであると考えられる。

本論では，I章を山本・武内，II章を武内，III章を武内・仲田，IV章を武内・山本が分担した。

調査をおこなうにあたっては，伊是名村の皆様，環境創造社・中島将勝氏の多大な御協力をいただいた。現地調査・資料収集に際しては，琉球大学・新城和治氏，沖縄県土地利用対策課・府本礼司氏に御援助を願った。また，現存植生図の製図は，東京都立大学・原園育夫氏にお願いした。そのほかにも，多くの方から，本論の内容について御教示をいただいた。

これらの諸氏に対して，深く感謝したい。

註

1) 本論では，指標種（標徴種・識別種を含む）に相当するものを前に，優占種に相当するものを後におく和名での群落表記法をとっているが，すでに，別著者により逆のかたち（優占種—指標種）で報告されているものについては，報告者の表記法で記載し，*印をつけて区別した。

文　献

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzen-soziologie 865 p. Springer Verlag.

ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde 100–109 Stuttgart.

外間現試他 (1972)：沖縄本島北部地域における森林植生，沖縄県林業試験場研究報告，15，2–59.

——(1973)：本部半島の森林植生，沖縄県林業試験場研究報告，16，72–180.

石島　英(1975 a)：沖縄本島付近における降水量の解析，天気，22(2)，73–77.

——(1975 b)：沖縄本島付近の気温分布に関する小気候学的特徴，天気，22(5)，237–243.

ISHIBASHI, T. (1968): Bedrock geology of Iheya Islands, *Okinawa Island Group Sci. Rep.* Kanazawa Univ. 13(1), 51–72.

伊藤秀三(1977)：群落の組成研究，伊藤編　群落の組成と構造，1–75，朝倉書店.

KABASHIMA, T. *et al.* (1977) : On the vegetation of the U. S. Kadena Military Base, Okinawa, *Ecol. Stud. Nat. Cons. Ryukyu Isl.* III, 7–14.

門村　浩・山本　博(1978)：土地改変に伴う加速的侵食，地学雑誌，87(1)，1–15.

国土庁土地局(1974)：土地分類基本調査，地形・表層地質・土壌「名護」.

小西健二(1965)：琉球列島（南西諸島）の構造区分，地質学雑誌，71(840)，437–457.

KÜCHLER, A. W. (1967) : Vegetation Mapping 53–63および227–256, The Ronald Press, N. Y.

黒島　忠・小島俊郎 (1669)：沖縄の森林土壌概説，日林誌，51(8)，227–230.

MIYAWAKI, A. (1960): Pflanzensoziologische Untersuchungen über Reisfeld-Vegetation auf den japanischen Inseln mit vergleichender Betrachtung Mitteleuropas *Vegetatio* 9, 345–402.

——u. T. OHBA (1963): Castanopsis sieboldii-Wälder auf den Amami-Insele *Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ. Ser. II*, 9, 31–48.

——(1969): Systematik der Ackerunkrautgesellschaften Japans *Vegetatio* 19, 47–59.

宮脇　昭他 (1971)：逗子市の植生，83–122，逗子市教育委員会.

MIYAWAKI, A. *et al.* (1972): Phytosociological studies on *Miscanthus sinensis* grasslands in the Ryukyu Islands, Grassland Ecosystem Studies ed. by M. NUMATA 1–5.

宮脇　昭他 (1974)：名瀬市の植生，128 p. 名瀬市.

MIYAWAKI, A. u. K. SUZUKI (1976 a) : Vegetation der Dünen und der Korallenbauten auf den Ryukyu-Inseln, Japan, 横国大環境科学センター紀要.

——・——(1976 b): Über *Psychotrio manillensis-Acerion oblongi*, 横国大環境科学センター紀要 2(1), 153–170.

新納義馬 (1965)：伊平屋，伊是名諸島のウバメガシ群落，琉大文理学部紀要，理学編，8，118–124.

——(1971)：沖縄島の植生概観，沖縄生物学会誌，8，88–94.

——他 (1973)：コザ市周辺の植物社会学的研究及び土地利用計画への指針，コザ市総合開発計画調査報告書，165–213，地域創造研究所.

——，新城和治 (1974 a)：久米島の植生，久米島県立自然公園候補地学術調査報告，41–70，沖縄自然研究会.

——，宮城朝章，佐久本敞（1974 b）：伊江島の植生，沖縄海岸国定公園拡張立候補地学術調査報告，77-120.
——，棒島辰麿，宮城康一（1974 c）：慶良間列島の植生，沖縄海岸国定公園拡張立候補地学術調査報告，169-185.
——，新城和治，日越国昭（1975 a）：「塩川」周辺の植生，塩川動態調査報告予報 I，27-73，沖縄県教育委員会.
——（1975 b）：沖縄県現存植生図，自然環境保全調査報告書（基礎調査）環境庁.
——（1975 c）：沖縄の立地と植物，沖縄開発に伴う土地環境の変化と防災に関する研究，66-75.
——（1976）：沖縄の植物自然，沖縄県のすぐれた自然，1-56，沖縄県環境保健部.
沖縄県企画調整部（1976）：沖縄県土地利用基礎情報図.
——（1978）：土地利用図，伊是名島.
沖縄県土地調査事務局企画管理課他（1977）：土地分類図（沖縄県），国土庁土地局.
奥田重俊（1974）：日本植生図目録，横国大環境科学センター紀要，**1**(1)，123-136.
——（1976）：日本植生図目録，補遺 1，横国大環境科学センター紀要，**2**(1)，171-176.
酒井博他（1976）：沖縄の人工草地における雑草の種類とその動態，雑草研究，**21**(3)，1-7.
SCHMITHÜSEN J. (1968): Allgemeine Vegetationsgeographie, Dritte Auflage, 122, Walter de Gruyter & Co, Berlin.
鈴木時夫（1969）：日本の自然林の植物，社会学体系の概観，森林立地，8(1)，1-12.
鈴木時夫，鈴木和子（1973）：暖帯（暖温帯）の植物社会，佐々木編，植物社会学，18-26，共立出版.
竹原秀雄（1964）：西南諸島の亜熱帯性森林土壌（1）—石灰質母材に由来する土壌について—日林誌，**46**(12)，384-388.
——（1965）：西南諸島の亜熱帯性森林土壌（2）—非石灰質の母材の赤・黄色土について—日林誌，**47**(1)，1-8.
TAKEUCHI, K. and H. YAMAMOTO (1977): Landscape evaluation for the rehabilitation of an eroded drainage basin in the northern part of Okinawa Island, Southwest Japan, *Geogr. Rep. Tokyo Met. Univ.*, **12**, 127-141.
豊原源太郎（1973）：マツ林の植物社会，佐々木編，植物社会学，48-53，共立出版.
津波古充清他（1976）：民有林適地適木調査報告，第 3 報，53 p. 沖縄県林業試験場.

（1978年 7 月28日受理）

地学雑誌 87, 6 (1978)

カメルーン国内陸部森林・サバンナ地帯の地形と表層物質の特性

門　村　　浩*　堀　　信　行**

Some Notes on Landforms and Superficial Deposits in the Forest and Savanna Zones of Inland Cameroon

Hiroshi KADOMURA* and Nobuyuki HORI**

Abstract

The main purpose of this paper is to describe and discuss the landforms and superficial deposits characteristic of humid tropical environment, with special attention to the spatial variations corresponding to the zonal arrangement of climate and vegetation, based on the 1975/76 season field research across the forest and savanna zones of inland Cameroon from 2°N to 9°30′N. Some basic data and views used for the reconstruction of palaeoenvironment in the present-day forest zone are presented.

In the inland plateau underlain by the Precambrian crystalline rocks and mantled with dense humid forest, the landscape consists principally of small hills 40–100 m high predominated by the convexity. Hillslopes of such hills are almost evenly covered by the colluvial deposits consisting of red to yellow ferrallitic soils and gravelly layers. The colluvial deposits contain prehistoric implements of African Middle Stone Age and younger. The wide-distribution of indurated cuirasses is also recognized in the forest zone of southern Cameroon. Under the forest environment, however, these cuirasses rarely outcrop to form ledges or cornices. Dome-shaped weathering front has been occasionally found beneath the colluvial deposits and weathering profile, but in the forest zone it never controls the slope form of the present landsurface.

In contrast to the forested areas, in the savanna zone of the Adamaoua Plateau the landsurfaces are extensively capped with ferruginous or bauxitic cuirasses and such prominent land-forms associated with indurated cuirasses as mesa, buttes, ledges and cornices are developed in the dissected part of the plateau. In this savanna zone gullying is the most common present-day process operating upon the landsurfaces, and this process has been more or less accelerated by intensive grazing and repeated burning. Termites are most active in this zone and the large-scale mounds with a diameter of 20–30 m and a height of 3–4 m are found elsewhere.

In the drier Sudanese savanna zone of the Bénoué Basin vegetation is much more xerophyitic than expected from annual rainfall (1,400–1,000 mm), and the landscape is characterized by the undulating plain with towering granitic inselbergs and buttes of

* 北海道大学大学院環境科学研究科 Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University.
** 広島大学総合科学部 Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University.

た，グライ土壌でもカタバミーハイキビ群落が分布するが，その場合には，通常1m前後の盛土による立地の改変がされている。

低地の砂丘未熟土壌では，カタバミーハイキビ群落が分布するほか，海岸に沿ってクロイワザサーモクマオウ群落の分布がみられる。こうした低地の植物群落は，いずれも，農耕・植林等の強い人為的影響をうけている。

3. 土地利用と植物群落の分布

1) 祖先崇拝と自然植生

伊是名島の原植生であり，かつ，現在の自然植生であると想定されるものに，アダン群落，ウバメガシートベラ群集*・シマタゴ亜群集，モクタチバナーヤブニッケイ群落がある。これらは，祖先崇拝のための地として，ほとんど人為的干渉のないまま保護されてきた土地に多く分布している。



図5　伊是名島における墓と御嶽の分布および林地・草地・集落の分布
（沖縄県企画調整部1976，1978を参照しつつ作成）

墓と御嶽（うたき）（聖地）の分布を，図5にしめす。墓は，1部が，リュウキュウマツ群落テンニンカ下位群落の分布域にあるほか，アダン群落の分布域に集中している。これは，アダン群落が段丘崖に多く，集落をはなれ，海を眺望する景勝地にあることによるものと考えられる。

御嶽は，モクタチバナーヤブニッケイ群落の分布域に6カ所，ウバメガシートベラ群集*の分布域に2カ所，アダン群落の分布域に1カ所，リュウキュウマツ群落・オオマツバシバ下位群落の分布域に2カ所みられる。リュウキュウマツ群落域のうち1カ所は，その背後地に，モクタチバナーヤブニッケイ群落がみられる。モクタチバナーヤブニッケイ群落は，うっ蒼とした林相を呈し，古くより，神の宿る地とあがめられ，保護されてきたものであろう。

2) 山地利用とリュウキュウマツ群落

土地利用の概観で述べたように，調査地のリュウキュウマツ群落は，林業の対象としてよりも，土地を保全する意図により維持されてきたものである。とりわけ，1960年以降は，薪炭材の切り出しもおこなわれなくなり，積極的な意味でないにせよ，リュウキュウマツ群落への人為的干渉は，今日，少ないといってよい。

しかし，同時に，我々は，群落や立地の性質の中に，かっての人為的影響の結果を読みとることができる。リュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落の分布域では，過去の強い人為的影響により，立地が貧化してしまっている。オオマツバシバ下位群落は，この貧化した立地に対応した，土地的終局群落である。リュウキュウマツ群落のその他の下位群落では，立地の貧化は認められないものの，かって伐採等の強い人為的干渉のあったことは否定できない。典型下位群落は，約30年前に伐採されてのち放置されて今日の姿を呈しており，自然二次林（natural secondary forest）と呼ぶことができる。これに対して，テ

ンカ下位群落は，それ以降も，植林等の人為的干渉をうけた，人為二次林（artificial secondary
st）と考えられる。また，スダジイ下位群落は，リュウキュウマツ植林時に伐採されてのち再生し
スダジイの萌芽再生林分である。

農地利用と植物群落

地の雑草群落は，まさしく土地利用の結果を反映したものである。サトウキビの栽培という粗放的な
利用の主な伊是名島では，畑地の雑草群落の種組成と，草地のそれとの差がみられず，雑草群落は，
パミーハイキビ群落というひとつの単位にまとめられている。畑地・草地利用では，低湿地の場合，
かじめ盛土等の圃場基盤整備がおこなわれるため，低地，台地といった土地条件の差異は，群落の種
に反映されていない。ただし，小規模な水田跡地を立地の改変なしにキビ畑に変更した場合には，雑
落の組成が，水田放棄地のそれと基本的に変わっていないことが調査の結果みいだされた。
田は，耕作がつづけられている限り，ナンゴクデンジソウ―コウキヤガラ群落の分布域である。しか
水田を放棄し1カ年を経ると，ヒメガマが侵入しはじめ，やがてヒメガマ群落が成立する。
クマオウは，海岸林・耕地林として，防風・防潮のために，戦後植栽されたものである。モクマオウ
は，生育が早いためにみかけ上は優占しているが，クロイワザサ―モクマオウ群落の種組成にみられ
うに，森林植生としての安定性にとぼしい。人為的干渉が停止され放置されたところでは，徐々にア
群落におきかわりつつある。
のように，伊是名島の植物群落の分布は，土地自然の特質を生かしながら人間が土地利用をいとなん
た結果を，強く反映しているものといえる。

おわりに

上で，伊是名島における植物群落の地理的分布とその特質が，土地自然・土地利用との関係で説明さ
。ここでは，最後に，景観複合体としての伊是名島の基本的性格について，若干の考察を加えてお

6に示されるように，伊是名島は，リュウキュウアオキ―スダジイ群団域～非石灰岩系～赤黄色土
性土）～ススキ草地～パイン畑と，ナガミボチョウジ―クスノハカエデ群団域～石灰岩系～暗赤色土

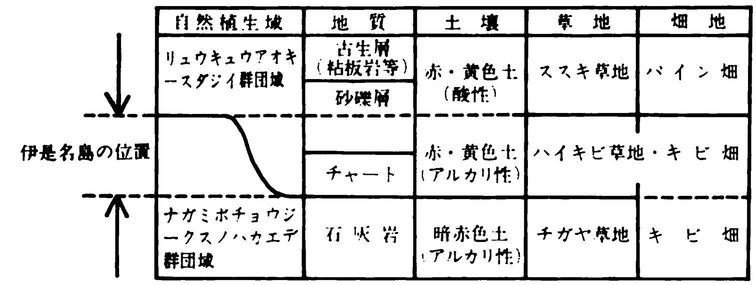


図 6　景観複合体としての伊是名島の基本的性格
（土壌 pH については，沖縄県農業試験場1978の未発表データ，草地については，酒井他1976参照）

ルカリ土）～チガヤ草地～キビ畑という，琉球弧にみられる2つの代表的な景観結合の中間的部分に
付けられる。この中間的性格は，リュウキュウマツ群落，水田雑草群落についても別の景観結合とし
明されるものと予想される。
うした，植物群落をとりまく景観複合体の構造を明らかにしてゆくためには，さらに，潜在自然植生
定を含めて，土地自然・土地利用の各要因についての分析をすすめる必要がある。そして，土地評価

表 1 森林植生総合常在度表

A……………………アダン群落 *Pandanus tectorius* comm.
B……クロイワザサーモクマオウ群落 *Thuarea involuta-Casuaria equisetifolia* comm.
C…………………ギンネム群落 *Leucaena leucocephala* comm.
D…………リュウキュウマツ群落 *Pinus luchuensis* comm.
　a……………オオマツバシバ下位群落 subordinate comm. of *Aristida takeoi*
　b…………………テンニンカ下位群落 subordinate comm. of *Rhodomyrtus tomentosa*
　c…………………スダジイ下位群落 subordinate comm. of *Castanopsis sieboldii*
　d……………………典型下位群落 typical subordinate comm.
E………ウバメガシートベラ群集* *Pittosporo-Quercetum phillyraeoidetis* SUZ.-TOK. et HATIYA 1951
　a……………リュウキュウマツ亜群集 subass. of *Pinus luchuensis*
　b……………………シマタゴ亜群集 subass. of *Fraxinus insularis*
F……モリタチバナーヤブニッケイ群落 *Ardisia sieboldii-Cinnamomum japonicum* comm.

表中のⅠからⅤまでの階級は，各植生単位におけるそれぞれの種々の出現頻度であり 0％＜Ⅰ≦20％，20％＜Ⅱ≦40％，40％＜Ⅲ≦60％，60％＜Ⅳ≦80％，80％Ⅴ≦100％である。階級値の右に示した数字は，それぞれの種が最も優占する階層における被度の範囲を示したものであり，被度の基準は Braun-Blanquet (1964) によった。
また，群落を区分する決め手となる種の組み合せは実線で，群落の構造を特徴付ける種の組み合せは破線でくくって，わかりやすく表現した。

	植生単位	A	B	C	D				E		F
					a	b	c	d	a	b	
	調査区数	5	5	5	6	5	3	7	5	5	7
F 1 アダン群落区分種											
Pandanus tectorius	アダン	V$_{3\sim5}$	I$_{+}$	・	・	I$_{+}$	・	I$_{1}$	I$_{1}$	・	・
Cycas revoluta	ソテツ	II$_{+\sim2}$	・	・	・	・	・	・	・	・	I$_{1}$
Hibiscus tiliaceus	オオハマボウ	II$_{3\sim5}$	・	・	・	・	・	・	・	・	・
Clerodendron inerme	イボタクサギ	II$_{+\sim1}$	・	・	・	・	・	・	・	・	・
F 2 クロイワザサーモクマオウ群落区分種											
Casuarina equisetifolia	モクマオウ	I$_{2}$	V$_{2\sim4}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Thuarea involuta	クロイワザサ	・	V$_{+\sim5}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Toddalia asiatica	サルカケミカン	I$_{1}$	IV$_{+\sim1}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Achyranthes aspera var. rubro-fusca	ムラサキイノコヅチ	・	IV$_{+\sim3}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Lysimachia mauritiana	ハマボッス	・	III$_{+\sim2}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Cirsium brevicaule	シマアザミ	・	III$_{+}$	・	・	・	・	・	・	・	・
Clerodendron trichotomum var. esculentum	ショウロウクサギ	・	II$_{1\sim2}$	・	・	・	・	I$_{1}$	・	・	・
F 3 ギンネム群落区分種											
Leucaena leucocephala	ギンネム	・	・	V$_{4\sim5}$	・	・	・	・	・	・	・

Stephania japonica var. australis	コバノハスノハカズラ	II$_{+}$	III$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Ehretia microphylla	フクマンギ	I$_{1}$	I$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·	I$_{+}$
Euonymus japonicus	マサキ	I$_{1}$	II$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Scaevola sericea	クサトベラ	I$_{1}$	I$_{2}$	·	·	·	·	·	·	·	·
Celtis boninensis	クワノハエノキ	I$_{+}$	I$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·	·
F 5 草本植生構成種											
Panicum repens	ハイキビ	·	III$_{+}$	II$_{4\sim5}$	·	·	·	·	·	·	·
Oxalis corniculata	カタバミ	·	II$_{+\sim1}$	I$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·
Commelina nudiflora	シマツユクサ	·	II$_{+}$	I$_{+}$	·	·	·	·	·	·	·
Digitaria adscendens	メヒシバ	·	I$_{+}$	II$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·	·
F 6 低地の森林植生共通種											
Morus australis	シマグワ	V$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$	III$_{1}$	·	·	·	·	·	·	I$_{+}$
Paederia scandens	ヘクソカズラ	II$_{+}$	III$_{+}$	I$_{+}$	·	·	·	II$_{+}$	·	·	I$_{+}$
F 7 リュウキュウマツ林構成種											
Pinus luchuensis	リュウキュウマツ	·	·	·	V$_{2\sim3}$	V$_{2\sim4}$	3$_{+\sim2}$	V$_{1\sim4}$	V$_{2\sim4}$	·	·
Cinnamomum doederleinii	シバニッケイ	·	·	·	IV$_{+\sim4}$	IV$_{+\sim2}$	3$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	I$_{+}$	·	·
Smilax bracteata	サツマサンキライ	·	·	·	V$_{+}$	II$_{+}$	1$_{+}$	V$_{+}$	II$_{+}$	·	·
Lophatherum gracile	ササクサ	·	·	·	I$_{+}$	II$_{+}$	2$_{+}$	V$_{+}$	II$_{+}$	·	I$_{+}$
Eurya emarginata	ハマヒサカキ	·	·	·	III$_{+}$	II$_{+}$	·	V$_{+\sim1}$	I$_{+}$	·	·
Miscanthus sinensis	ススキ	·	·	I$_{+}$	IV$_{+\sim2}$	V$_{+\sim2}$	·	III$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	III$_{+}$	·
F 8 リュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落区分種											
Aristide takeoi	オオマツバシバ	·	·	·	V$_{+\sim4}$	·	·	·	·	·	·
Cassytha filiformis var. tuduritraticola	ケスナヅル	·	·	·	III$_{+\sim1}$	·	·	·	·	·	·
Gahnia tristis	クロガヤ	·	·	·	IV$_{+\sim1}$	I$_{+}$	3$_{+}$	·	·	·	·
F 9 リュウキュウマツ群落テンニンカ下位群落区分種											
Rhodomyrtus tomentosa	テンニンカ	·	·	·	·	V$_{+\sim1}$	2$_{+}$	·	·	·	·
Carex brunnea	コゴメスゲ	·	·	·	·	IV$_{+}$	1$_{+}$	II$_{+}$	·	I$_{+}$	I$_{+}$
F10 リュウキュウマツ群落スダジイ下位群落区分種											
Castanopsis sieboldii	スダジイ	·	·	·	·	·	3$_{+\sim5}$	·	·	·	·
Lasianthus cyanocarpus	タイワンルリミノキ	·	·	·	·	·	2$_{+}$	·	·	·	·
Lindsaea chienii	エダウチホングウシダ	·	·	·	·	·	3$_{+}$	·	·	·	I$_{+}$
Myrica rubra	ヤマモモ	·	·	·	·	I$_{+}$	3$_{+\sim1}$	·	·	·	·
F11 乾性タイプのリュウキュウマツ群落共通種											

植生単位		A	B	C	D a	D b	D c	D d	E a	E b	F
調査区数		5	5	5	6	5	3	7	5	5	7
Melastoma candidum	ノボタン	・	・	・	IV$_{+\sim1}$	V$_{+\sim1}$	・	・	・	・	・
Dicranopteris dichotoma	コシダ	・	・	・	IV$_{1\sim2}$	II$_{1\sim4}$	・	・	・	・	・
Pteridium aquilinum var. latiusculum	ワラビ	・	・	・	I$_{+}$	II$_{+}$	・	・	・	・	・
F12 ウバメガシ－トベラ群集* 標徴種											
Quercus phillyraeoides	ウバメガシ	・	・	・	・	・	・	・	IV$_{1\sim3}$	V$_{4\sim5}$	・
Pyrrosia lingua	ヒトツバ	・	・	・	・	・	・	・	V$_{+\sim1}$	V$_{+\sim2}$	・
Carex boottiana	ヒゲスゲ	・	・	・	・	I$_{1}$	・	・	III$_{+\sim2}$	V$_{+\sim1}$	・
Pittosporum tobira	トベラ	・	II$_{+}$	・	・	I$_{+}$	・	III$_{+}$	II$_{+\sim}$	V$_{+\sim1}$	III$_{+\sim1}$
F13 リュウキュウマツ林構成種以外のウバメガシ－トベラ群集* リュウキュウマツ亜群集識別種											
Gymnosporia diversifolia	ハリツルマサキ	II$_{+}$	・	・	・	・	・	・	III$_{+\sim1}$	・	・
Cymbopogon tortilis var. goeringii	オガルカヤ	・	・	・	I$_{+}$	I$_{+}$	・	・	III$_{+}$	・	・
Crepidiastrum lanceolatum	ホソバワダン	・	・	・	・	I$_{+}$	・	I$_{+}$	III$_{+}$	・	・
F14 ウバメガシ－トベラ群集* シマタゴ亜群集識別種											
Fraxinus insularis	シマタゴ	・	・	・	・	・	・	・	・	IV$_{1\sim2}$	・
Liriope tawadae	ヤブラン	・	II$_{+}$	・	・	I$_{+}$	・	・	I$_{+}$	III$_{+}$	・
Tarenna gyokushinkwa	ギョクシンカ	・	・	・	・	・	1$_{+}$	I$_{+}$	II$_{+}$	V$_{+\sim1}$	III$_{+}$
F15 ナガミボチョウジ－クスノハカエデ群団標徴種およびモクタチバナ－ヤブニッケイ群落区分種											
Cinnamomum japonicum	ヤブニッケイ	I$_{+}$	・	・	・	・	・	II$_{+\sim2}$	・	I$_{+}$	V$_{+\sim4}$
Ardisia sieboldii	モクタチバナ	・	・	・	・	・	1$_{1}$	II$_{+\sim1}$	・	・	V$_{+\sim1}$
Breynia officinalis	オオシマコバンノキ	・	・	・	・	・	・	II$_{+}$	・	・	IV$_{+}$
Diospyros maritima	リュウキュウガキ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	IV$_{+\sim1}$
Drypetes karapinensis	ツゲモドキ	・	II$_{+}$	・	・	・	・	・	・	・	III$_{+}$
Livistona chinensis var. subglobosa	ビロウ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	III$_{+\sim1}$
Schefflera octophylla	フカノキ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	III$_{1\sim3}$
Acer oblongum ssp. itoanum	クスノハカエデ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	II$_{1\sim4}$
Psychotria manilensis	ナガミボチョウジ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	II$_{+}$
F16 リュウキュウアオキ－スダジイ群団構成種											
Symplocos lucida	クロキ	・	・	・	I$_{1}$	IV$_{1\sim3}$	3$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$	・	・	II$_{+\sim1}$
Elaeocarpus japonicus	コバンモチ	・	・	・	・	II$_{+\sim2}$	3$_{+\sim3}$	V$_{+\sim1}$	・	・	I$_{+}$

Daphniphyllum teijsmannii	ヒメユズリハ	•	•	•	I$_{+}$	III$_{+}$	1$_{+}$	III$_{+}$	•	•	•
Ilex integra	モチノキ	•	•	•	•	II$_{+\sim1}$	2$_{+}$	II$_{+}$	•	•	III$_{+}$
Tricalysia dubia	シロミミズ	•	•	•	•	I$_{+}$	2$_{+}$	I$_{1}$	•	•	II$_{+\sim1}$
Machilus thunbergii	タブ	•	I$_{+}$	•	•	I$_{1}$	•	II$_{+\sim3}$	•	•	III$_{1\sim2}$
Antidesma japonicum	ヤマヒハツ	•	•	•	•	I$_{+}$	1$_{+}$	II$_{+}$	•	•	II$_{+}$
Psychotria rubra	リュウキュウアオキ	•	•	•	•	•	2$_{+}$	II$_{+\sim1}$	I$_{+}$	•	II$_{+\sim2}$
F 17 ヤブツバキクラスおよびオーダーの構成種											
Raphiolepis indica var. insularis	オキナワシャリンバイ	•	I$_{+}$	•	V$_{+\sim2}$	V$_{+\sim2}$	1$_{+}$	V$_{+\sim2}$	V$_{+\sim3}$	V$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim3}$
Syzygium buxifolium	アデク	•	•	•	V$_{+\sim3}$	V$_{+\sim3}$	3$_{3\sim4}$	V$_{+\sim3}$	III$_{+\sim1}$	I$_{1}$	III$_{+}$
Psychotria serpens	シラタマカズラ	•	•	•	V$_{+}$	IV$_{+\sim1}$	2$_{+}$	V$_{+\sim1}$	V$_{+}$	V$_{+\sim1}$	II$_{+}$
Vaccinium wrightii	ギイマ	•	•	•	V$_{+\sim1}$	V$_{1}$	3$_{+\sim3}$	V$_{+\sim3}$	V$_{1\sim3}$	III$_{+\sim1}$	•
Myrsine seguinii	タイミンタチバナ	•	•	•	II$_{+\sim2}$	IV$_{+\sim2}$	3$_{1\sim2}$	V$_{+\sim3}$	III$_{+\sim1}$	IV$_{+\sim1}$	•
Dianella ensifolia	キキョウラン	I$_{+}$	II$_{+}$	•	IV$_{+\ 1}$	III$_{+\sim1}$	•	II$_{+}$	V$_{+}$	IV$_{+}$	I$_{+}$
Gardenia jasminoides f. grandiflora	クチナシ	•	•	•	I$_{+}$	I$_{1}$	1$_{+}$	I$_{+}$	II$_{+}$	IV$_{+\sim1}$	I$_{+}$
Photinia wrightiana	シマカナメモチ	•	•	•	•	II$_{+}$	3$_{+}$	IV$_{+\sim3}$	V$_{+\sim1}$	I$_{+}$	I$_{+}$
Glochidion obovatum	カンコノキ	•	•	•	•	IV$_{+}$	1$_{+}$	IV$_{+}$	V$_{+}$	•	III$_{+\sim1}$
Ternstroemia gymnanthera	モッコク	•	•	•	•	II$_{+\sim1}$	2$_{+}$	I$_{+}$	I$_{+}$	I$_{2}$	•
Ligustrum japonicun	ネズミモチ	•	•	•	•	I$_{+}$	•	III$_{+\sim2}$	III$_{+}$	IV$_{+}$	IV$_{+\sim1}$
Farfugium japonicum	ツワブキ	•	•	•	•	III$_{+}$	•	IV$_{+}$	•	•	•

随伴種……………………………………省　略

る。つまり，礫層は斑紋帯や青白帯を切って堆積しているのである。礫層の生成環境については後に考察するが，礫層の堆積形態と現地表面の形態とが不調和であることに注目しておきたい。地下ドームの甕部には，明瞭な傾斜変換部がある。このことは地上の裸岩ドーム甕部のニックポイントの概形が，地下における差別的風化により風化断面内において準備されている事実を示している。

IV. Adamaoua 高原中央部ギニア＝スーダンサバンナ帯

1. 植生

Adamaoua 高原は，気候的には，ギニア帯とスーダン帯の中間にあり，11～３月の５カ月は乾季となる。植生はかん木サバンナと草原サバンナである（Fig. 1)。草本ではウシクサ属 *Andropogon* が優占し，木本では *Daniella oliveli*, *Lophira Ianceolata*, *Terminalia div.* などが多い。河辺林は各所にみられるが，天然の密林はない。こうしたサバンナ景観は，乾湿交代熱帯気候と，強度の火入れと放牧という人間の地表面に対する働きかけとの，協同の産物であろう。1：50,000 空中写真上でも，縦横に走る牛の踏道が認められるほど，放牧のインパクトは大きい。草原サバンナや火入れ跡では，直径20～30m，高さ３m 程度の巨大アリ塚が密に分布しているのが観察される。

2. 地形と表層物質・風化断面の特性

1) 鉄質・ボーキサイト質皮殻で被覆された開析台地と小起伏面

Adamaoua 高原は，おもに先カンブリア代花崗岩類からなり，高度1,000～1,400m の，地塁状の地塊で，北縁は明瞭な急崖帯で限られている（Fig. 6， Fig. 7)。高原の中央部には，白亜紀～完新世の火山岩が分布しているが，とくに白亜紀末に噴出した安山岩質玄武岩熔岩が高原面を広くおおっている。この玄武岩は，強力な風化を受け，ボーキサイト質皮殻の母材となっている。

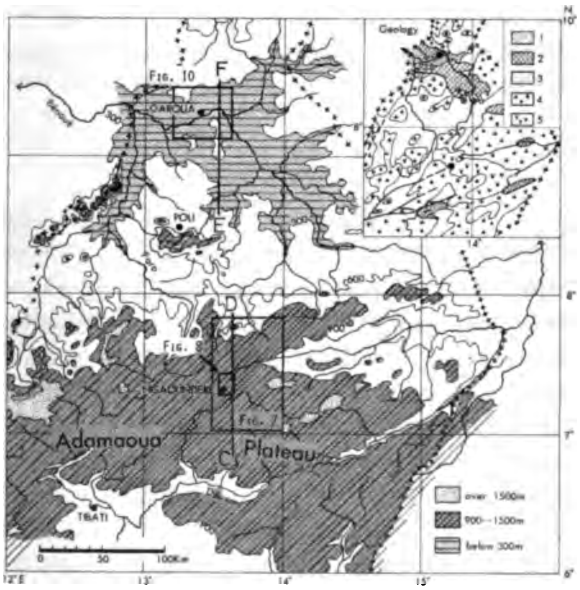


Fig. 6 Physiography and geology of the Adamaoua Plateau and the Bénoué Basin.
C-D and E-F : Location of sections shown in Fig. 11. Geology is based on GAZEL *et al.*(1956). For symbols of geology see Fig. 2.

この地域の高原面は，上・下の２面に分けられる（Fig. 7)。Gondwana 面に対比される上位面（SEGALEN, 1967）は，北縁部の急崖帯直上に，山稜上の凸形緩斜面として残存するにすぎない。一方，Post-Gondwana 面とされる下位面 (SEGALEN, 1967) は，中央部を占め，全体としてゆるやかな波状をなす開析台地の形態を呈している。台地表面の形態は，曲率の大きい凸形斜面で特徴づけられている。その表層は，基盤岩が花崗岩類，玄武岩熔岩であるを問わず，広く硬化皮殻で被覆されている。しかし，台地面が深い谷に刻まれている部分をのぞいて，硬化皮殻は鉄・アルミナ富化土壌（コルービウム）で埋められている。硬化皮殻の露出に伴う，棚状～庇状の小地形は，台地面が深く穿入する谷で開析されるか，ビュートやメサに分断されているところだけに発達している（Fig. 7, Fig. 11)。Ngaoundéré 南東方



7 Synoptic geomorphological map of the central part of the Adamaoua Plateau, originally plotted at a scale of 1 : 200,000 topographic map from aerial photographs on a scale of 1 : 50,000.

Gentle crest slope on the Upper Surface at 1,300-1,450m, generally cuirassed, 2 : Side-es and rugged terrain of the Upper Surface, 3 : Flat to gentle crest slope of the Lower face at 1,050-1,150 m, generally cuirassed, 4 : Side-slopes and dissected and undulating ain modified from the Lower Surface, 5 : Surfaces of the Bénoué Basin at 600 m and er, 6 : Cuirassed ledge and cornice, 7 : Escarpment, 8 : Hill mass of the Precambrian crys-ne rocks, 9 : Inselberg, 10 : Tor groups, 11 : Dissected pediment and alluvial fan, 12 : der cone with crater, 13 : Crater lake, 14 : Late Quaternary to Recent lava flow, 15: e-shaped hill of Tertiary trachytes, 16 : Dome-shaped hill of Tertiary trachytes, 17: ntain of Tertiary trachytes, 18 : Marsh and swamp, 19 : Active gullying and bank ion, 20 : Knife-edge ridge and cliff.



Photo 1 Disintegration of bauxitic cuirass on the edge of a dissected landsurface in the savanna zone of the Adamaoua Plateau, 35 km southeast of Ngaoundéré. (Photo by N. HORI)

は，硬化皮殻が1m厚前後で薄いので，典型的なメサ地形はみられないが，Adamaoua高原南縁の急崖帯に近いMinim-Martap付近では，厚さ10m以上のボーキサイト質皮殻が発達し，大起伏の壮大なメサ地形が形成されている (SEGALEN, 1967)。

崖端に露出した硬化皮殻は，樹木の根の侵入や，皮殻下部からの細粒物質の洗脱による除去に伴う不等沈下(Photo 1) などのため，ブロック化して巨礫を生産する。分離された巨礫は，庇状地形直下の凸形斜面上部に集積している。一方，硬化皮殻の小岩屑は，斜面の頂部から基部まで，斜面形とは無関係に，一様に撒布している (Fig. 11 C-D (7))。

このサバンナ地域におけるもっとも顕著な現在の地形変化は，ガリによる侵食により生じている (Fig. 7)。ガリの頭部には，おおむね，乾季にも涸れることの少ない湧泉があり，湧泉侵食によるガリ頭部の後退が生じている (Fig. 11 C-D (7, 8))。また，ガリの側壁が洗掘されて崩壊が生じ，凸形斜面に対して凹形斜面が拡大していっている。空中写真の判読によると，Adamaoua高原南縁部の開析がすすんで丘陵性起伏を示す地域では，多凸形斜面への凹形斜面の拡大を伴う後退的侵食が著しい(Fig. 11 C-D (4))。同じような現象は，南カメルーン高原北半部の森林＝サバンナ・モザイク地帯でも広くみられる (HURAULT, 1968)。

2) 表層断面

Ngaoundéré 周辺での観察によると，凸形斜面の卓越する緩起伏面 (Fig. 8) の表層には，森林地帯の場合と同じような，赤色～黄色の細粒コルビウムが堆積している (Fig. 9)。細粒土層の下位には，鉄質結核，風化花崗岩・熔岩の小～中礫，再移動性の硬化皮殻破片からなる礫層がある。礫層は小刻みの波打ちを示し，現地表面の形態とは調和しない堆積状況を呈する。これらの点だけからみる限り，コルビウムの層相と堆積形態には，森林地帯でもサバンナ地帯でも大差がない。サバンナ地帯であっても，平滑な凸形斜面が維持されている限り，サバンナ地帯に特徴的な表層断面はみられないのである。

3) 表層断面の除去と露岩地形

表層断面，とくに細粒コルビウムが剝離され，その代りに礫や再移動した硬化皮殻の岩屑が地表面に広く撒布する景観は，森林地帯ではみられない，サバンナ地帯に特有のものである。さらに，コルビウム，風化断面の完全な除去により出現する露岩地形は，サバンナ地帯からサヘル帯にかけての地帯におけるもっとも代表的な景観をなしている。Adamaoua高原では，Ngaoundéré近郊に粗粒の斑晶質花崗岩からなるコピエやトア群などの見事な露岩地形がみられる (Photo 2; Fig. 11 C-D(6))。Ngaoundéré南西方約50km のMbaden付近には，トランスカメルーン鉄道の切り割りに沿って，トアの萌芽，つまり浅い土壌被からわずかに裸出した核岩が観察される (Fig. 11 C-D(3))。この露頭は，THOMAS (1974) などによって主張されている，トアの起源についての「堀り出し説」を支持するものである。

V. Bénoué 川流域低位小起伏地スーダン・サバンナ帯

1. 植生

Niger 川の一大支流，Bénoué 川の上流域は，スーダン帯にあたり，樹木サバンナ，サバンナ・ウッドランド，乾燥叢林が植生景観をつくる。おもな木本は，*Monotes kertingii*, *Isoberlina dazielii*, *Burkea africa* などであり，ここでは *Acacia* はまだ少ない（LETOUZEY, 1958, 1959；BRABANT et HUMBLE, 1974；HUMBLE et BARBERY, 1974)。*Acacia* が目立ち，バオバブ *Adansonia digitata* が出現するのは，Bénoué 川以北からサヘル帯にいたる地域である。

この地域の植生景観は，年降水量が 1,000～1,400mm であるにもかかわらず，たいへん乾燥した印象を与える。乾燥月数6カ月という長い高温（40°C 内外）の乾季と，徹底的な火入れのくり返しの結果を反映するものであろう。筆者らの直観的な印象では，この地域の北半部の地形・植生景観（Photo 3）は，ケニア南東平原の半乾燥地域（年降水量 500mm 以下）にみられる景観（KADOMURA, 1970；TOYA *et al*. 1973）によく似ている。なお，この地域の乾燥については，NAKAMURA（1977）が検討している。

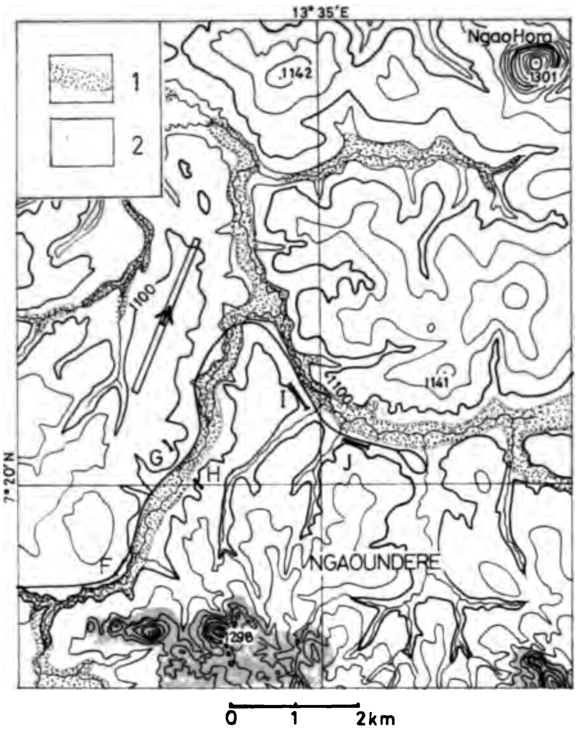


Fig. 8 Very gently undulating landsurface around Ngaoundéré
1: Marshy valley bottom, 2: Granitic terrain characterized by the development of kopje-capped inselbergs and dissected hilly landsurface carrying lots of tors and boulders

2. 地形と表層物質の特性

1) 島状丘景観

Bénoué 川流域は，海抜200～600m の，全体としてゆるやかな波浪状起伏の支配的な平原地帯である（Fig. 6)。平原上には，花崗岩類，閃長岩，はんれい岩などからなる Poli（2049m）などの山塊がそびえ立っている。また，比高100～200m の島状丘が多数分布し，PASSARGE（1909）など初期の地形研究者の関心を引いた（ROCH, 1952)。加えて，上部白亜紀の Garoua 砂岩（SCHWAERER, 1965）からなるメサやビュートが，Bénoué 川沿岸等に数多く分布し，両者相まって典型的な島状丘景観をつくり出している（Fig. 10, Photo 3)。

2) 広く礫質堆積物で被覆された緩起伏面

Bénoué 川流域の地形面は，SEGALEN（1967）や BRABANT et HUMBLE（1974）により，African II 面に対比される上位面（400～500m）と第四紀前期に平坦化された下位面の2面に区分されている。このうち下位面は，波長3～5km，比高30～40m の波浪状の小起伏面であり，穿入する流路により開析されつつある。河間地には，これまで記述してきた南方の地域と同じように，凸形斜面が卓越している。河間地の主要な土壌は，熱帯鉄質土壌（tropical ferrginous soils）であり，結核または硬化層を伴ってい

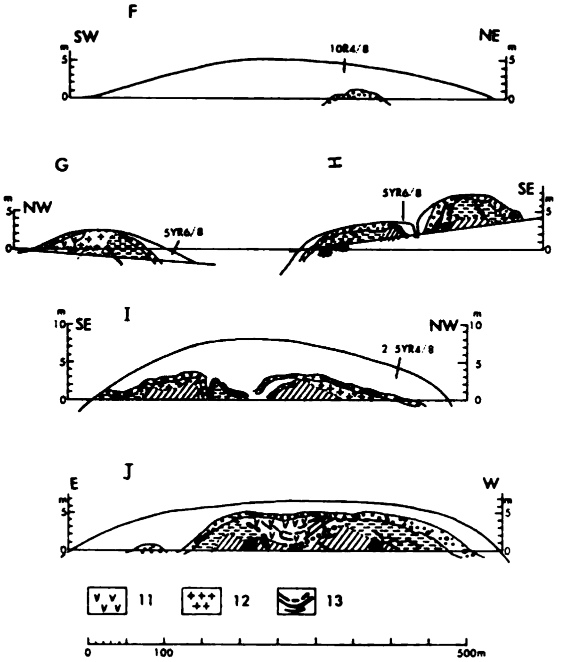


Fig. 9 Sections around Ngaoundéré
For location see Fig. 8. 11: Weathered basalt-andesitic lava (mottled zone), 12: Brecciated zone (mottled zone) 13: Iron pans associated with calcareous nodules. For other symbols see Fig. 4.



Photo 2 Accumulation of corestones of porphyritic granite on a low-relief hill, immediately south of Ngaoundéré. (Photo by H. KADOMURA)

る。

Ngaoundéré-Garoua 間道路沿線で観察した限り，地表面は礫質堆積物で広くおおわれている。白亜系の分布する地域 (Fig. 6) では，礫岩由来の石英円礫が地表面に撒布し，結晶質基盤の地域では，角礫が地表面に散在し，道路の切り割りに沿って浅い Stone-line が各所でみられる。後者の場合，礫は例外なく基岩の斑紋帯ないし青白帯中の石英岩脈から供給されている。細粒コルビウムは一般にうすく，かつ礫交りであり，ときに欠いている。地表面付近には，少なくとも2回の堆積サイクルを示す礫層が緩起伏面の各所で認められる (Fig. 11 E-F (10, 11))。層厚はいずれも数10cm ていどであるが，下部層は赤色に風化し，上部層は暗灰褐色を呈する。両者の間には，微弱な不整合が認められる。

3) 残丘とペディメント

上述のように，この地域の北半部では，古期結晶質岩類と白亜系からなる残丘が島状丘景観をつくっている。花崗岩類の分布地域では，核岩の堀り出しに起源する岩塊やトア群などの露岩地形が河間地に散見される (Fig. 11 E-F (9))。残丘の周縁には，おおむね，平均勾配5°前後のペディメントが付着している。Bénoué 川南岸 Bokéli での観察によると，白亜系からなるビュート状残丘の麓部には小崖錐が傾斜変換部をおおい，礫岩由来の石英礫と，鉄質砂岩起源の板状岩片が，勾配5° 前後のペディメント上を広くおおっている (Fig. 11 E-F (12))。

ペディメント上の植生は，かん木のまばらなイネ科草本のサバンナである。乾季には草本は枯れて裸地状となり，



Photo 3　Buttes of Garoua Sandstone with fringing pediment in the wooded savanna of the Bénoué Basin, 15 km south of Garoua.
This photograph was taken in a dry season (25 January, 1976) when the sky was overcast with dust due to prevailing harmattan.
(Photo by H. KADOMURA)

まだ裸地状態にある雨季のはじめの強雨時には，表層物質が斜面洗じょうにより移動させられることが容易に推測される。ペディメントの下部斜面では，これを刻むガリの側壁で，2輪廻性の堆積物が観察される。上部層は黄褐色(10 YR 6/2)の粘土質砂でセメントされた石英の小～中礫からなり，その厚さは0.5～1 m で，下底付近に数100年前の土器片を包含している。この下位には，微弱な不整合を経て，明赤色(2.5 YR 6/8)のアルコーズ質砂で固く膠結された石英礫，鉄質砂岩の板状岩片からなる古い堆積物がある。上部層は，疑いもなく，最近数100年以内の生成物であり，最近の時代にも，表層物質の活発な移動が行なわれていることを物語っている。下部層は，HERVIEU (1970) が提唱している Duroumien (18,000～15,000 B. P)，Bossoumien (10,100 B. P. 頃) の，いずれかの乾燥期の生成物であろう。

IV．南北変化と環境変遷

1．帯状性と非帯状性

以上の3地域と地域間移動の行程における観察結果をまとめると，Fig. 11のようになる。Fig. 12は，筆者らの得たデータと既往のデータとから，カメルーン国全域を対象に，地形，表層物質，現在の地形形成作用の空間的変化を模式化して示したものである。2つの図から明らかのように，南北間のもっとも明瞭な差異は，森林地帯における半オレンジ型多凸形斜面の存在と，スーダン帯以北におけるペディメントをめぐらした島状丘の分布であ

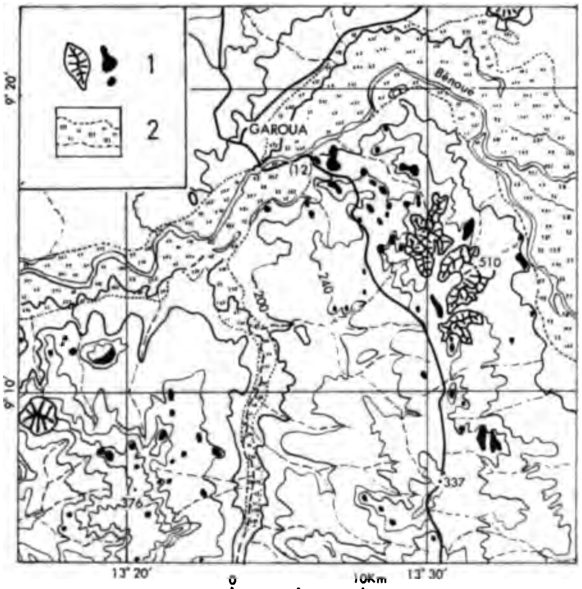


Fig. 10　Butte landscape along the Bénoué River, near Garoua
1：Buttes of Garoua Sandstone, 2：Alluvial lowland.

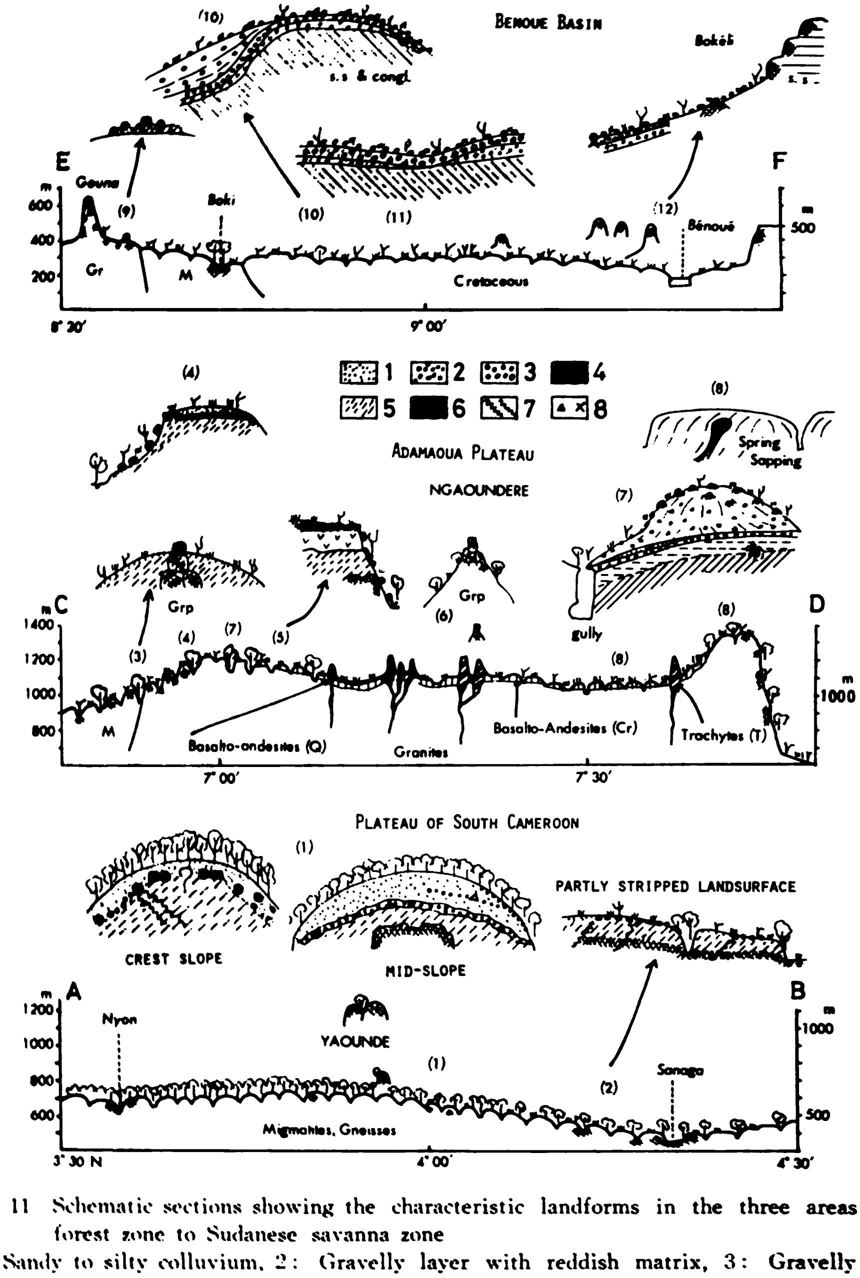
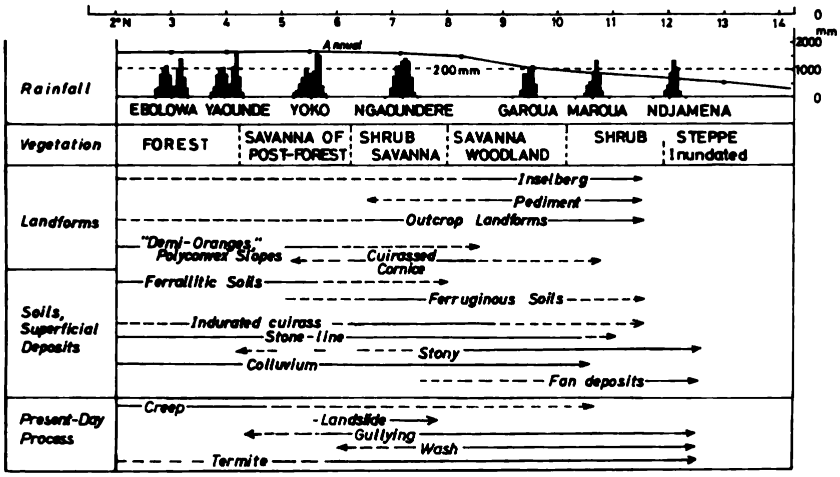


Fig. 11 Schematic sections showing the characteristic landforms in the three areas from forest zone to Sudanese savanna zone

1: Sandy to silty colluvium, 2: Gravelly layer with reddish matrix, 3: Gravelly layer with brownish to greyish matrix, 4: Indurated cuirass, 5: Weathered zone, 6: Fresh rock, 7: Vein quartz, 8: Prehistoric implement (Δ) and potsherd (×), Gr: Granite, M: Migmatites, Grp: Porphyritic granite, Q: Quaternary, T: Tertiary, Cr: Cretaceous. For symbols of (7), see Fig. 4



ig. 12 South-north variations of rainfall, vegetation, landforms, superficial materials and present-day geomorphological processes in Cameroon in a tentative representation. Compiled from field observations and various sources such as BRABANT et HUMBLE (1974), BOYÉ et FRITSCH (1973), FRITSCH (1969, 1970), GAZEL *et al*. (1956), HUMBLE et BARBERY (1974), HERVIEU (1970), HURAULT (1968, 1971), LOUNG (1973), MARTIN (1970), MARTIN et SEGALEN (1966), SEGALEN (1967), etc.

表層物質についてみると，森林下の小起伏面には細粒コルビウムが厚く堆積しているが，これに対し ンナ地帯では細粒物質は一般に薄く，北部ほど礫質の堆積物が優勢となる。基岩の原位置風化断面も 薄くなる傾向があり，サバンナ地帯以北では風化断面の剝離がすすんで露岩地形が目立った景観をつ 。硬化皮殻は森林中でも散見されるが，自然状態ではめったに露出して斜面形態を左右することはな これに対し，サバンナ地帯では，古期地形面が鉄質・ボーキサイト質皮殻で広くおおわれ，崖端に裸 た硬化皮殻が，庇や棚，ビュート，メサなどの特徴的な地形をつくっている。

のように，気候・植生の帯状的変化に対応する地形と表層物質の空間的変化は明らかに認められる。 しながら，こうした観察は，第一近似的な見方にすぎない。地形面の年代，構成岩石，起伏等の諸条 場所により異なっているため，厳密な意味での地域間比較は不可能なのである。また，Fig. 11に示 現象は，その多くが非帯状的ないし不規則な分布を示している。乾燥地形の代表として取り上げられ との多い，露岩を伴うドーム型島状丘を例にとろう。この種の島状丘は，北部のスーダン帯やサヘル けでなく，南部の森林地帯中にも散在している。粗粒の花崗岩類は，サバンナ地帯はもとより，森林 においても，岩塊やトア群をつくっていることがある。これらの小地形の形成には，大型の岩塊に分 やすいという岩質の制約が顕著である。

ーダン・サバンナ帯では，表層に新しい礫質堆積物が広く分布し，この地帯の地表面を特徴づけてい ところが，こうした礫質の堆積物は，たとえば Sanaga 川沿岸森林跡サバンナの，細粒コルビウムを ，風化断面が部分的に剝離されている，一般高原面より200mていど低下した地形面(Fig. 11A-B(2)) をみるように，南カメルーン高原の湿潤な地域にも出現する。このことは，新しい礫質の堆積物の生 気候条件だけでなく，地形面の置かれた位置や地形面の年代とも関係の深いことを意味する。同時 人為によるサバンナ化が湿潤環境下における活発な地形営力発現の場を用意したことが考えられる。

上のように，地形と表層物質のマクロな成帯的変化は認められるが，地形面の年代，構成岩石，起 地形的位置，人為の影響などに基因する成帯内的変化のあることを強調しておきたい。

2. 環境変遷，とくに最終氷期の森林地帯について

第四紀後半にアフリカの熱帯地域でくり返された古気候の変動（たとえば ZINDEREN BAKKER and COETZEE, 1972）は，植生の分布はもとより，地形の形成過程に対しても大きな影響を与えてきた（TRICART, 1965）。森林地帯中の裸岩ドームや，半乾燥サヘル帯における深い赤色風化断面は，いずれも現在のその地域の環境条件とは調和しない，古環境を継承する遺物地形や化石現象である可能性がある。この問題については稿を更めて論ずることにするが，古環境を継承する現象の存在が，熱帯アフリカにおける地形景観の空間的配置をいっそう複雑なものにしていることは確かなことである。

サハラの南縁地域では，第四紀後半，とくに最終氷期以降における古環境の研究に著しく進展がみられる。サヘル帯における古環境研究を総括した ROGNON (1976) や TALBOT (in press) によると，20,000～12,000 B. P. にはサヘル帯の全域にわたって降水量が減少し，北東貿易風が強化され，広く砂丘が発達している。一方，カメルーン国中・北部のサバンナ帯～サヘル帯では，HERVIEU (1970) が18,000～15,000 B. P. と10,100 B. P. 頃の2回の乾燥期を復原している。Adamaoua 高原西部の Banyo 付近（6°30′N）では，段丘堆積物の C^{14} 年代から20,000 B. P. と2,000 B. P. に乾燥期があって，森林環境下で形成され維持されてきた多凸形斜面が，lavaka の発達により破壊されたと推定されている（HURAULT, 1971）。これらの報告から，カメルーン国の中・北部を含むサバンナ帯～サヘル帯が，最終氷期最寒期の18,000 B. P. を中心とした時期に著しく乾燥化していたことは，まず間違いない。

乾燥化の影響は，サバンナ帯からさらに南方の現在の森林地帯にも及んだものと思われるが，南部の森林地帯ではこの時期にどのような環境変化が生じたのであろうか。この問に答えるだけの実証的データはまだ乏しく，熱帯雨林地帯における環境の変化についてはまだよくわかっていない。最終氷期における熱帯雨林像については，これまでに大別して3つの説が提出されている。第1は，最終氷期最寒期にも雨林地帯が現在の位置を占めてほとんどが変動しなかったとする説（BÜDEL, 1953）である。第2は，ギニア湾沿岸の一部に雨林が点在したほかは，雨林地帯の核心部は10°S 付近まで1,000km 以上も南下したとする考え（AUBRÉVILLE, 1962）である。第3は，ZINDEREN BAKKER (1976) や HAMILTON (1976) の描く，雨林地帯が広くサバンナとオープン・ウッドランドに置き換えられたとするものである。これらの説は，まだいずれも仮説の域を出ないが，後2者ではカメルーン国内陸部から森林が消滅したとする点では見解が一致している。

カメルーン国中・南部の森林・サバンナ地帯には，上述のように，コルビウムが広く分布し，コルビウム中には森林地帯においても，多くの場所で礫層を伴っている。とくに，コルビウムの下底には，しばしば，厚さ1m 以上のよく連続する礫層が原位置風化断面を切って堆積している。ところで，こうした礫層は，現在のような密林の環境下では生成し得ない。表面洗じょうやリル・ガリ，崩壊，土石流等による侵食と運搬の作用が，礫を生産し運搬した主要な作用であったと考えられる。こうした諸作用の発動が可能であった植生景観は，現在のカメルーン国中・北部でみられるサバンナやウッドランドであったであろう。JOURNAUX (1975) は，南米ブラジルのアマゾン川流域の森林地帯において，筆者らとまったく同じような考察を行なっている。

コルビウム中には，礫層・細粒土層を問わず，African Middle Stone Age 以降の石器が多数包含されている。コルビウム最下底の礫層には，Upper Lupemban 期以前（25,000 B. P. 以前）の石器だけが含まれている。石器はピックを主体とした樹木を砕くのに用いられたと思われる大型のものが多く，この時代の文化を担った人々は“森の人”であったと考えられる（OMI ed., 1977）。こうした森林の環境を示す遺物が，広域にわたって礫層中に取り込まれている事実は，Upper Lupemban 期に続く時代に，森林植生の大規模な退化があったことを示唆する。こうした植生の変化に対応して，表面侵食，リル・ガリ等による侵食が卓越し，それまでに蓄積されていた風化断面や硬化皮殻を削剥して，礫が生産され，それが斜面を広く移動したのであろう。その時代については，サハラ南縁が著しく乾燥し，サヘル帯・スーダン帯

が大きく南下した，18,000 B．P．を中心とする頃であったと考えられる。

礫層の中には，10m 以上の細粒土層で深く埋められているものがある。こうした深い位置にある礫層の生成時代については，コートジボアールの森林＝サバンナ・モザイク地帯等で認められている，ヴュルム氷期前期がそれ以前の乾燥期（AVERNARD *et al.*, 1974）まで遡るとみるのが妥当であろう。いずれにせよ，現在の熱帯雨林地帯において，最近の数万年間に，広域にわたって礫を生産し移動させ得た，サバンナ化ないしウッドランド化の時代が，1回以上あったことは否定できない。18,000 B. P. を中心とする時期には，南半球のアンゴラ北東部（ZINDEREN BAKKER and CLARK, 1962）や西部コンゴ（DE PLOEY, 1965）などでも，乾燥していたことが報告されている。筆者らは，こうしたデータも考慮して，最終氷期最寒期には，カメルーン国内陸部南部—コンゴ盆地を占める現在の熱帯雨林核心部から森林がほとんど消滅してしまったのではないかと予想している。

VII. むすび

カメルーン国内陸部の縦断調査により，地形とその形成作用，表層物質，風化断面の地域特性に，マクロな成帯的変化のあることを認める一方，地形面の年代，構成岩石，起伏，地形的位置，人為的影響などにより，地形とその形成作用，表層物質の分布に成帯内的変化のある事実が指摘された。

アフリカ大陸中央部の熱帯雨林地帯の最終氷期における古環境については，筆者らの得た地形学的・考古学的な予備的資料に基づいて，広域にわたるサバンナ化ないしウッドランド化という変動像が，おぼろげながら把握され，今後の研究への展望を開くことができた。カメルーン国南部森林地帯に，Middle Stone Age の石器が広く分布していることも，筆者らの現地調査を通してはじめて明らかにされた。熱帯雨林地帯の古環境を復原するための作業はその緒についたばかりである。

コルビウム中には，斜面の形成過程とともに，環境変遷を知るために必要な多くの重要な情報が内蔵されている。カメルーン国内陸部では，ヨーロッパ人研究者により白亜紀以前～第三紀前期の“古い侵食面”とされている地形面が，環境変遷の痕跡を残しながらも，過去数万年という新しい時代にも移動をくり返してきたコルビウムで広くおおわれている事実が明らかとなった。熱帯雨林地帯の広域調査を行ない，そこに広く分布しているコルビウムの形成過程と絶対年代に関する資料を集積し，地形形成過程を跡づけることを通して，湿潤熱帯アフリカの環境変遷史研究に貢献することが，筆者らに与えられた当面の課題であろう。

本稿は昭和50・51年度科学研究費補助金（海外学術調査）「湿潤熱帯アフリカにおける地形形成作用の調査」（研究代表者，門村浩）により行なった研究成果の一部に，その後入手した資料を加えてとりまとめたものである。現地調査はカメルーン国立科学技術局（ONAREST）の許可を得て行ない，M. M. EBEN 鉱山地質局次長，ヤウンデ大学地理学教室 Prof. J.-F. LOUNG, Dr. S. MORIN はじめ多くの方々の協力を得た。名古屋大学考古学教室大参義一氏には石器の鑑定をお願いし，東京都立大学化学教室寺井稔氏には岩石・土壌試料の化学分析でお世話になった。Prof. J. DRESCH (Paris), Prof. A. JOURNAUX (Caen), Prof. P. ROGNON (Paris), Dr. M. BOYÉ, Dr. P. FRITSCH (Bordeaux), Dr. J. HURAULT (I. G. N., Paris), Dr. M. R. TALBOT (Leeds) からは文献の提供を受けた。調査計画の立案には，名古屋大学松沢勲名誉教授，東京都立大学矢沢大二名誉教授，東京外国語大学A・A研富川盛道教授，日野舜也助教授，東京大学小堀巌助教授，国立民族学博物館端信行・江口一行両助教授の助言をいただいた。戸谷洋・田村俊和・小林茂の諸氏は，筆者らの東京都立大学在任中に研究会のメンバーとして協力を惜しまれなかった。カメルーン国滞在中は，藤田寛一氏に一方ならぬお世話になった。この機会に，以上の方々と関係機関ならびに現地調査を共にした中村和郎・菊地隆男の両氏に厚くお礼申し上げたい。

文 献

AUBRÉVILLE, A. (1949) : *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Soc. Ed. Géogr., Maritime et Coloniales, Paris, 351 p.

AUBRÉVILLE, A. (1962): Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia, N. S.*, **2**(1), 16-84.

AVENARD, J. M., BONVALLOT, J., LATHAM, M., RENARD-DUGERDIL, M. et RICHERD, J. (1974) : Aspects du contact forêt-savane dans le Centre et l'Ouest de la Côte d'Ivoire *Travaux et Documents de l'O. R. S. T. O. M.*, No. 35, 254 p.

BIROT, P. (1968): *The cycle of erosion in different climates*. Translation from the French edition (1960) by Jan JACKSON & Keith M. CLAYTON, Univ. Calif. Press, 144 p.

BOYÉ, M. et FRITSCH, P. (1973): Dégagement artificel d'un dôme crystallin au Sud-Cameroun. *Travaux et Documents de Géographie Tropicale*, 8, 31-62.

BRABANT, P. et HUMBLE, F. X. (1974): Notice explicative de la carte pédologique du Cameroun : Poli 1 : 200,000. O. R. S. T. O. M.-Yaoundé, 107 p.

BÜDEL, J. (1953): Die "periglaziale" morphologische Wirkungen des Eiszeitklimas auf der ganzen Erde. *Erdkunde*, **7**, 249-265.

BÜDEL, J. (1957): Die 'doppelten Einebnungsflächen' in den feuchten Tropen. *Z. f. Geomorph., N. F.*, **1**, 201-228.

DEMANGEOT, J. (1976): *Les espaces naturels tropicaux*. Masson, Paris, 190 p.

DE PLOEY, J. (1965): Position géomorphologique, génèse et chronologie de certains dépôt superficiels au Congo occidental. *Quaternaria*, **7**, 131-154.

FRITSCH, P. (1969): Note préliminaire sur la morphologie du piémont de l'Adamaoua, dans la région de Kontcha (Cameroun). *Ann Fac. Sci. du Cameroun*, **3**, 101-111.

FRITSCH, P. (1970): Reconnaissance morphologique de la Plain Tikar (Cameroun). *ibid.*, **4**, 35-51.

GAZEL, J., GUIRAUDIE, CH. et CHAMPATIER de RIBES, G. (1956): Carte gèologique du Cameroun au 1 : 1,000,000. In *Atlas du Cameroun*. I. R. CAM., Yaoundé.

HAMILTON, A. (1976), The significance of patterns of distribution shown by forest plants and animals in tropical Africa for the reconstruction of Upper Pleistocene palaeoenvironments : a review. *Palaeoecol. Afr.*, **9**, 63-97.

HERVIEU, J. (1970): Influence des changements de climat quaternaires sur le relief et sols du Nord-Cameroun. *Ann. de Géogr.*, No. 433, 386-398.

HUMBLE, F. X. et BARBERY, J. (1974): Notice explicative de la carte pédologique de reconnaisance de Garoua 1 : 200,000. O. R. S. T. O. M.,-Yaoundé, 113 p.

HURAULT, J. (1968): L'érosion régressive dans les région tropicales humides et la génèse des inselbergs granitiques. Étude Photo-Intérpretation, No. 3, I. G. N., Paris, 68 p.

HURAULT, J. (1971): La signification morphologiques des lavaka. *Rev. Géomorph. Dyn.*, **20**, 121-128.

JOURNAUX, A. (1975): Recherches géomorphologiques en Amazonie bresilienne. *Bull. Centre de Geomorphologie de Caen*, No. 20, 68 p.

KADOMURA, H. (1970): The landforms in the Tsavo-Voi area, southeastern Kenya : an interim report on the geomorphology in the Basement System rocks in a tropical semi-arid region of East Africa. *Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ.*, No. 5. 1-23.

KADOMURA, H., ed. (1977): *Geomorphological studies in the forest and savanna areas of Cameroon : an interim report of the Tropical African Geomorphology Research Project-*1975/76. Sapporo, 142 p.

KING, L. C. (1962): *The morphology of the earth*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 699 p.

LASSAIRRE, M. (1961): Carte géologigue de reconnaissance du Cameroun au 1 : 500,000, feuille Ngaoundéré-Est et Bossangoa-Ouest (partie Cameroun) avec notice explicative. Dir. Mines et Géol., Yaoundé, 50 p.

LETOUZEY, R. (1958): Phytogéographie camerounaise. In *Atlas du Cameroun*, I. R. CAM.,

Yaoundé, 5 p.

.ETOUZEY, R. (1959): Phytogéographie camerounaise au 1 : 2,000,000. *ibid.*

.OUNG, J. F. (1973): *Le Cameroun*. Hartier, Paris, 96 p.

/IABBUTT, J. A. (1961): A stripped landsurface in western Australia. *Trans. Inst. Brit. Geogr.*, **29**, 101-114.

/IABBUTT, J. A. (1965): The weathered landsurface in Central Australia. *Z. f. Geomorph., N. F.* **9**, 92-114.

/IARTIN, D. (1970): Querques aspects des zones de passage entre surface d'aplanissement du Centre Cameroun. *Cah. O. R. S. T. O. M., sér. Pédol.*, 8, 219-241.

/IARTIN, D. et SEGALEN, P. (1966): Notice explicative de la Carte Pédologique du Cameroun Oriental au 1 : 1,000,000. Centre O. R. S. T. O. M., Paris, 134 p.

IAKAMURA, K. (1977): Weather and climate during December-January in Cameroon; an approarch to tropical climatology. In KADOMURA, H., ed., *Geomorphological studies in the forest and savanna areas of Cameroon: an interim report of the Tropical African Geomorphology Research project-1975/76, Sapporo*, 81-99.

IYE, P. H. (1954/55): Some soil forming processes in the humid tropics. Pt. I & II, *J. Soil Sci.*, **5**, 7-27 ; **6**, 51-62.

IMI, G., ed. (1977): *Prehistric sites and implements in Cameroon: an annex to the interim report of the Tropical African Geomorphology Research Project-1975/76*. Nagoya, 63 p.

'ASSARGE, S. (1909): *Das deutsche Kolonialreich*, **1**, *Ostafrika und Kameroun*, 607 p.

:OCH, E. (1952): Les relief résiduels, ou inselbergs, du bassin de la Bénoué (Nord Cameroun). *C. R. Acad. Sci.*, **234**, 117-119.

:OGNON, P. (1976) : Essei d'intepétation des variations climatiques au Sahara depuis 40,000 ans. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, (2), **18**, facs. 2-3, 251-282.

HWOERER, P. (1965): Carte géologique de reconnaissance au 1 : 500,000. Notice explicative sur la feuille Garoua-Est. Dir. Mines et Géol Yaoundé, 49 p.

EGALEN, P. (1967): Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. O. R. S. T. O. M., sér. Pédol.*, **5**, 137-187.

'ALBOT, M. R. (in press): Environmental response to climate change in the west African Sahara over the past 20000 years. In WILLIAMS, M. A. J. and FAURE, H., eds., *The Sahara and the Nile*, A. A. Balkema, Rotherdam.

'HOMAS, M. F. (1974): *Tropical geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates*. Macmillan, London and Basingstoke, 332 p.

'OYA, H., KADOMURA, H., TAMURA, T. and HORI, N. (1973): Geomorphological studies in southeastern Kenya. *Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ.*, No. 8, 51-137.

'RICART, J. (1965): *Le modelé des région chaudes, forêts et savanes*. SEDES, Paris, 322 p. English translation by C. J. KIWIET JONGE. Longman, 1972, 306 p.

'ALLERIE, M. (1973): Contribution à l'étude des sols du Centre Sud Cameroun: type de differenciation morphologique et pédologique sous climat subequatorial. *Travaux et Documents de l'O. R. S. T. O. M.*, No. 29, 111 p.

/AYLAND, E. J. (1934): Peneplains and some other erosional patterns. *Bull. Geol. Surv. Uganda. Ann. Rep.* Notes 1, **74**, 366 p.

'OUNG, A. (1972): *Slopes*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 288 p.

INDEREN BAKKER, Sr, E. M. van (1976): Explanation of frontispiece. *Palaeoecol. Afr.*, **9**.

INDEREN BAKKER, Sr, E. M. van and CLARK, J. D. (1962): Pleistocene climates and cultures in North Eastern Angola. *Nature*, **196**, 639-642.

INDEREN BAKKER, Sr, E. M. van and COETZEE, J. A. (1972): A re-appraisal of Late-Quaternary climatic evidence from tropical Africa. *Palaeoecol. Afr.*, **7**, 151-181.

ONNENVELD, J. I. S. (1975): Some problems of tropical geomorphology. *Z. f. Geomorph., N. F.*, **19**, 377-392.

(1978年9月1日受理)

地学雑誌 87, 6 (1978)

Japanese Journal of Geology and Geography vol. 40, 1970 などから Recent Progess of Natural Sciences in Japan, vol. 3, 1978 まで

小 林 貞 一

From Japanese Journal of Geology and Geography vol. 40, 1970 etc. to Recent Progress of Natural Sciences in Japan, vol. 3, 1978

Teiichi KOBAYASHI

「日本地質学地理学輯報40巻」と題して私は本誌78巻2号，1969に学術研究会議から大正11年（1922）発刊以来40巻までの本誌の刊行について，述べたことがある。その頃この事業を受け継いだ日本学術会議から出版されていた4部関係の雑誌は6種であったが，下記の如く1975年までにはみな廃刊となった。

Japanese Journal of Mathematics, vol. 42, 1974.

Japanese Journal of Zoology, vol. 17, no. 2, 1973.

Japanese Journal of Botany, vol. 20, no. 8, 1974.

Japanese Journal of Geology and Geography, vol. 45, nos. 1-4, 1975.

Japanese Journal of Geophysics vol. 5, no. 1, 1969.

Record of Oceanographic Works in Japan, New Series, vol. 13, no. 1, 1974.

地質学地理学輯報は初期から原著論文と論文抄録とを載せていたが，後には抄録の代りに論文の題目だけを列挙していた。1970-75間本誌および索引の出版経過は次の如くである。

	Transactions	Titles	その他
1970. vol. 41, no. 1	2		
1971. vol. 41, nos. 2-4	4	あり	
1972. Index to vol. 36-41, 1965-1971.			
1972. vol. 42, nos. 1-4.	6	あり	
1973. vol. 43, nos. 1-4.	2	あり	
1974. vol. 44, nos. 1-4.	1		*
1975. vol. 45, nos. 1-4 ; Index to vols. 42-45, 1972-1975.	2		

* Bibliography of Geochemical Data in Japan (2)

JSC 4部関係の諸輯報類の刊行に代ってその後に出版される事になったのが「日本自然科学集報」で和名は輯報のそれを投合したものとなっているが，欧文名は Recent Progress of Natural Sciences in Japan となっている。下記の如くその1巻は数学・地球物理学関係，第2巻は動物学・植物学・海洋学関係の若干の展望を収めている。

Vol. 1, 102 p. 1 table, 1976.

Mathematics: Analytic Theory of Ordinary Differential Equations

Geophysics: Report on Volcanic Activities and Volcanological studies in Japan for the period from 1971 to 1974.

Report of the Geodetic works in Japan for the period from Jan. 1971 to Dec. 1974.

Vol. 2, 127 p. 1977.

Zoology: Recent Progress of Comparative Endocrinology in Japan.

Botany: Photomorphogenesis in Japan.

Oceanography: Physical Oceanography in Japan.

Recent Works on Marine Chemistry in Japan.

Marine Geophysics.

第3巻は地質学鉱物学関係で，その頁数は上記2巻を遙かに越している。その内容は次の如くである。

Vol. 3, 227 p. 1 table, 1978.

A. Structural Geology.

I. Studies of Folds and Foldings.

II. Studies of Faults and Faulting.

III. Experimental Studies.

IV. Studies of Tectogenesis.

B. Palaeontology and related Geo- and Biosciences.

I. Permian-Triassic Boundary Problems.

II. Cretaceous Biostratigraphy.

III. Vertebrate Palaeontology.

IV. Overseas Palaeontological Research Projects in Southeast Asia.

C. Complex Structures of Minerals.

I. Complex Structures and Space Groupoids.

II. "Tropochemical Twinning": A Mechanism of Building Complex Structures.

III. Incommensurate Superstructures in Transformation of Minerals.

D. Experimental Petrology.

I. Experimental Methods.

II. Synthesis of Rock-forming Minerals and their Reactions.

III. Experimental Studies on Alkalic Rocks and Lunar Rocks.

IV. Genesis of Basaltic and Andesitic Magmas, and their Physical Properties.

V. "Silicate-Hydrothermal Solution" Reaction.

VI. Synthesis of Sulfides and Sulfur-Bearing Systems.

因みに本誌は2500部を印刷し，約500を国内の，1900部を海外の諸機関に寄贈しているとのことである。従ってその見返りとして送られて来る文献も相当の量に達している(逐次刊行物所蔵欧文編62頁，昭和52年3月 国立国会図書館支部 日本学術会議図書館参照)。今後本誌が承続して国際学術交流のために大いなる役割を果すことを期待している。

(1978年7月5日受理)

書評と紹介

北海道大学大学院環境科学研究科：環境科学，第1号，1978年3月

北海道大学環境科学研究科が4専攻を以てスタートしたのは，1977年4月であった。ここに紀要第1号として『環境科学』が刊行された。

北大環境科学研究科の成立までには足かけ8年の歳月を要し，前学長丹羽貴知蔵博士，故小川博三博士（土木地理学）ほか多くの方々の努力が実ったものである。1978年7月1日に北大クラーク会館で創立1周年の記念式典と，同百年記念会館にて，祝宴が開かれ，筆者もその末席に連なることができた。現在の環境科学研究科は，社会学の出身で，地域計画を手がけられた関清秀教授が科長を努め，4専攻は，それぞれ基幹講座1と協力(専任)講座3～4，教育協力（兼担）講座2～5より構成されている。専攻は，環境構造学，社会環境学，環境保全学，環境計画学に分かれ，それぞれ，門村浩(地理学)，斉藤和雄(医学)，伊藤浩司(植物生態学)，関清秀（地域計画学）が教授となり，助教授にはそれぞれ，高橋英紀，谷口直之，福田弘巳，山村悦夫の各氏が配されている。環境構造学には，気象学，植物分類学，動物系統学が協力し，漁場学，海洋学が教育協力する。海洋学の福岡二郎教授は地理学出身である。

社会環境学には，医学，衛生学，社会学，農政学が協力講座となり，環境保全学には，農学，物理学，化学が協力し，また環境計画学には建築，都市工学，土質工学などが協力している。以上のようにきわめて多面的であって，一個の environmental Science として成立するためには，研究科のモットーとする，学際性，総合性，国際性を強力に進めなければならない。更にまた，環境科学として Alexander von HUMBOLDT 以来の伝統をもつ地理学，地学が脱皮して一層の貢献を加えることを望みたい。

紀要はB5版本文109頁，別葉の表及び写真より成り，3篇の論文が寄せられている。

・環境計画と環境影響評価，人造湖建設による環境変動の学際的追跡研究（中間報告）

関　清秀，五十嵐日出夫，黒柳　俊雄
三谷鉄夫，山村　悦夫，加賀屋誠一

・1977年有珠山噴火に対する住民の意識と対応(英文)門村　浩，斉藤英紀，山本　博，鈴木利吉

・野付崎の植生(1)—群落記述（英文）伊藤浩司

第1の論文は南富良野の谷合の村がダムによって中央部が埋没し，分断された問題を扱っている。人口は昭和35～50年間に半減し，生業及び生活に大きな影響を受けている。この住民に対して，生活満足度(自然環境，社会施設，生活環境)についてアンケートし，転出を望むか定住を続けるのかの意志を満足度と関連して，数量的にも分析し，更に，農家経営を改善するための諸条件(土地，金融，労働力，相続，経営，税金等)との関係を解明する。生活基盤については，交通と買物の関係を調査している。

第2の論文は，地学的であって，有珠山噴火の歴史と地域的条件を説明し，有珠周辺の6市町村に配布した2175の質問用紙のうち有効回答1763について分析を行う。火口からの距離と被害の大小によって，市町村を ABCD 4類型に大別し，過去の噴火の経験，噴火の予知，降灰の予知，驚怖の程度，身体及び財産の安全，避難方法，危険度について調査した。経験者と初験者とによる差，望ましい公共の処置を分析している。今回の噴火が収まり，5年以上経ってから，再び調査したならば，いかなる結果が出るであろうか。

第3は野付崎の精密な植物群落調査である。砂丘の前面と背面，湿地，塩性湿地，放牧地等の環境による群落の差を記載する。人間の影響を蒙ったものとして，general coastal meadows があり，それには，*Rosa rugosa* 群落，*A. grostis alba* 群落，*Trifolium repens* 群落と *Thermopsis Lupinoides* 相が認められる *R. rugosa* 即ちハマナスは軽度の放牧を受けた所で，砂丘の頂部から背景にかけて優占する。なお，森林は3類16群落が分類され，代表的な樹種と樹形の平面図及び立面図が記されている。風向，風力及び土質，水分との関係が予想されるが，次報を期待したい。

以上の3研究で，環境科学研究科の将来を占うことは難かしいが，かなり大胆な総合研究を組んでおり，それら新しい環境研究の芽が期待できるように思われる。一層の充実と発展を望む。

（木内信蔵）

科学院南京地質古生物研究所：中国的辨鰓（中国各部門類化石）, 522 p. 図版説明 58 p. 0, 8.30元, 1976.

，中国における地質学，古生物学に関する が多くなってきており，隣接大陸の斯学の わが国の研究に多くの示唆を与えるものと れる。本書は中国科学院南京地質古生物研 出版したものの一つで，中国産辨鰓類化石 ての大著である。

の内容は12章からなり，1章は前言で，本書 するについての趣旨が，2章は辨鰓類的一 ・構造が述べられる。3章は海相辨鰓類化 統描述で，本章は系統分類に従い Palaeo- nta, Palaeoheterodonta, Heterodonta, odonta, Astartedonta, Pachyodonta, Neo- nta, Dysodonta, Desmodonta の日，超 ，亜科，属，亜属，種，亜種のそれぞれの名 語と学術語とで併記され，本書中もっとも 頁がとられている。特に属，亜属の説明で ，特徴，地質時代とその分布が，種・亜種の は図版を伴って模式標本，特徴，他の種な 種との比較，産地，層位とがそれぞれ記述 いる。従って本書をとおして中国産辨鰓類 種の特質を理解するのに役立つ。4章は非 鰓類化石系統描述で，Palaeoheterodonta, odonta, Cyrenodonta, Neotaxodonta, onta の超科，科，亜科について3章と同 述形式をとっているが，中国は漢字の国だ て3章も4章も目，科，属，種のすべてに ふりあてている。

の古生態簡介和海陸相辨鰓類化石的区分で 性と異地性，殻形構造と生活環境，海相と非 記述されている。6章の中国各時代辨鰓類 成面貌和分布では海棲種と非海棲種とをあ 科，377の属・亜属，1110の種・亜種が各地質 に記述されている。7章では中国辨鰓類化 分布表が海棲種と非海棲種とに分けて理解 ようにまとめてある。この章に奥陶紀や志 20種）がふれてあるばかりでなく，特に二畳・ 辨鰓類が非常に多くあげてあり，これによ り中国産属・種の特色がうかがわれる。三角貝類に例をとってみると西蔵の上部三畳系から *Prorotrigonia xizangensis* WEN et LAN, *Prosogyrotrigonia jomdaensis* GU et ZHANG の産出が報告され，中国産属・種とわが国とのものとの比較研究に多大な関心が寄せられる。非海棲種では中国の二畳系に若干の属・種の産出が知られるが，しかし侏羅系に110種以上が，白亜系に60種以上が明らかとなっていて，それらは分類上検討を要することも認められるようではあるが，これら産出する属・種は世界の非海棲辨鰓類の起源を探究するうえから極めて注目に値する。つまり中生代非海棲辨鰓類は北アメリカ大陸からも知られてはいるが，中国産属・種は非常に多く，また出現する地質時代も比較的に古いので，これらの事実はわが国の研究者にとって充分注意を払う必要があろう。たとえば *Nakamuranaia* は中・上部侏羅系から出現しており，*Trigonicides*, *Nippononaia*, *Plicatounio* の数多くが新種として報告されていることは生物起源の問題も含め，インドシナ半島，わが国，朝鮮半島，シベリア等からの産出種相互の比較研究に興味がもたれる。

8章には中国辨鰓類化石地質歴程表が記述してあり，9章には参考文献が国内と国外とに分けて挙げてあり，10章では辨鰓類化石の常用述語と英文との対照表が示され，われわれにとって漢語の理解を容易にしている。11章は取扱われた属・種の索引がまとめられ，漢語によるものと英語化した学名のアルファベット順によるものとの2様式が別々に示され，従って図版の利用に好都合となっている。12章には図版の説明があり，巻末の第1図版から第150図版までに1110種・亜種に及ぶ沢山のものが掲載されている。

以上は本書の概要の紹介であるが，本書は中国辨鰓類化石を総括した高著であり，このたぐいの著書の作成には執筆者は恐らく長年に亘り多大な労力を費してきたものと推測される。本書はわが国産辨鰓類化石との比較研究のうえに欠くことの出来ない貴重な文献の一つであると思われる。

（前田四郎）

協会記事

理事会（53年度第3回，昭和53年9月8日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，佐藤，式各理事。

議　事：

1．下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。

入会：飯山敏道，梅沢邦臣，黒田和男，清水　勇，種村光郎，土井正民，肥田昇，吉田善亮

退会：江口元起（逝去）

2．第100回通常総会に提案する定款改正の方針について意見を交換した。

3．11月11日に評議員会を開催し，正会員の入退会と役員および評議員の改選に関する件を提案することにした。

4．会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。

(2) 外装仕上げ用タイルの見本を検討した。

(3) 2階ホール入口のステンドグラスの発注を諒承した。

(4) 第一建築サービス（株）に直結する警報設備をとりつけることにした。

将来検討委員会（昭和53年10月6日）

出席者：末野委員長，伊藤，片山，川上，坂倉，佐藤，平山，森本，湊，渡辺各委員。

議　事：

1．佐藤委員より "Crustal Dynamics Project" に関する地学関係学協会懇談会報告があった。IUGG と IUGS の Joint Committee の勧告により "The Lithosphere: Frontier for 1980" と呼ぶプロジェクトが1980年から発足予定である。この件の対応はまず地殻開発小委員会で検討することとした。

2．坂倉委員からの将来方針の提言について検討し，次回は「地学雑誌」の性格を検討することとした。

3．渡辺委員より第14回太平洋学術会議に関する報告があり，協会として可能な限り会員の出席を応援することが望ましいという意見が出された。

定款検討小委員会（昭和53年10月16日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤各委員，坪井会長，末野副会長。

議　事：

1．第35条から第40条までの各条について検討が行なわれ，意見が交換された。

2．次回以降は他の学協会の定款も参考として起草の準備にとりかかる。

地殻開発小委員会（昭和53年11月2日）

出席者：佐藤委員長，伊藤，岩生，川上，西川各委員。

議　事：

1．The Lithosphere: Frontier for 1980（10月6日将来検討委の記事参照）などの国際的な動きを，地学雑誌に投稿して知らせる必要がある。

2．西川委員より地理学的立場から地殻開発問題のとりあげ方につき意見が述べられた。

創立百周年記念事業実行委員会募金委員会（昭和53年10月21日）

出席者：保柳委員長，岩生，川上，虎岩各委員。

議　事：

1．これまでの募金状況

会員応募者　126名，篤志者　3名，

法人・団体　7件，応募総額217.2万円

2．未応募会員に対して協力を要請する文を，実行委員長の名で11月中旬に発送することにした。

3．湊秀雄会員を募金委員に依頼することにした。

理事会（53年度第4回，昭和53年10月27日）

出席者：末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，佐藤，式，前島各理事。

議　事：坪井会長欠席のため末野副会長が議長となり，議事に入った。

1．下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。

入会：兼平慶一郎，久城育夫，朱雀智介，森　慎一

退会：鈴木達夫（逝去）

2．11月11日に開催される評議員会の次第を決定した。

3．会員の追加，抹消に関する名簿原稿を11月11日現在で佐藤理事が作成し，式理事が地学雑誌に掲載するようとりはからい，費用は予備費から支出することにした。

4．会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。

(2) 工事が1カ月余り早目に進行しているので，上棟時の支払いも1カ月くり上げ，そのための資金を11月中に借り入れることを承認した。

(3) 長期借入金の交渉のために提出する年次資金計画案を承認した。

5．新会館の管理の具体的方法を審議した。

6．地質調査所出版物の販売について調査所から申し入れがあったが，佐藤理事を窓口として話合いを続けることにした。

7．ＩＧＣ組織委員会に当協会から会長と両副会長が参加することを承認した。

8．第14回太平洋学術会議の協力に関して考慮することにした。

将来検討委員会（昭和53年11月9日）

出席者：末野委員長，伊藤，岩生，川上，坂倉，佐藤，式，平山，森本，渡辺各委員。

議　事：

1．神山幹事が病気療養中のため，佐藤委員が幹事を担当することになった。

2．地殻開発小委員会より報告のあったLithosphere プロジェクトは当協会とも深い関連があるので，今後の動向について注目することにした。

3．佐藤委員より地殻開発関連のシンポジウム開催の意見があり，討議された。

4．「地学雑誌」の性格について討議された。式委員より本誌は地学における専門分野間の連繋，啓蒙を特色としている等の説明があり，意見を交換した。

編集委員会（昭和53年11月10日，於私学会館）

出席者：式委員長，井上，川上，神戸，五条，諏訪，西川，前島，前田，矢沢各委員。

議　事：

1．地学雑誌88巻1号の編集について審議した。

2．87巻6号より真珠アルトン紙を使用することにした。

3：創立百周年記念号は，記念会後のなるべく早い時期に発行することにした。

4．「地学雑誌のあり方」について検討し，号によってはテーマをもうけて編集する工夫を試みることにした。

臨時理事会（昭和53年11月11日，午後1～2時）

出席者：坪井会長，保柳副会長，岡山監事，片山，佐藤，式，前島各理事。

議　事：

1．下記の正会員の入会を次の評議員会に提案することにした。

青木正博，田代正之，恒石幸正，山野隆夫

2．下記の賛助会員入会を次の評議員会に提案することにした。

関東ミネラル工業株式会社（代表取締役福井　哲）

3．事務職員の給与について審議し，給与規定などを明確にする予定を知らせることにした。

評議員会（53年度第1回，昭和53年11月11日，午後2～3時半，於石油健保会館）

出席者：坪井誠太郎会長，青柳信義，市川正己，岩生周一，片山信夫，河野義礼，木内信蔵，岸本　実，木村達明，小林　勇，佐藤光之助，式　正英，末野悌六，保柳睦美，前島郁雄，森本良平の計15名，他委任状によるもの20名，計35名。他に小林貞一名誉評議員，岡山俊雄監事。

議　事：

1．正会員の入退会（理事会から提案のあった入会者20名，逝去による退会者2名）を承認した。

2．賛助会員の入会1件を承認した（11月11日理事会記事参照）

3．役員および評議員改選のための候補者推薦委員として，下記の10名を選出した。

岩生周一，大竹一彦，神戸信和，小関幸治，佐野浚一，式　正英，虎岩達夫，浜田隆士，前島郁雄，三井嘉都夫。

4．会員，図書，会館の各委員会の新設について意見を交換した。

5．細則，内規の整備について意見を求めた。

6．地学会館建築の進捗状況，将来検討委員会での検討状況及び創立百周年記念事業の募金状況について，各担当の委員長から報告があった。

7．IGC（国際地理学会）の総会を1980年に日本で開催するについて，木内，市川両評議員から協力の要請があった。

定款検討小委員会（昭和53年11月13日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤各委員。

議　事：

1．第41条，42条および43条（最終条項）の検討を終えた。

2．他の学協会(社団法人)の定款が配布され，意見が交換された。

坪井会長文化功労者になる

11月6日，坪井誠太郎会長は，わが国の文化の向上発達に関する顕著な功績によって，文化功労者として顕彰の栄に浴された。

第14回太平洋学術会議 Fourteenth Pacific Science Congress 1979

太平洋学術会議は，日本学術会議が加盟している太平洋学術協会 Pacific Science Association（本部米国ホノルル，ICSU の Scientific Members の1）が4年乃至5年に1回，太平洋圏の国々が交互に主催して開く国際会議である。協会に加盟している国は単に太平洋圏諸国に留まることなく，歴史的に太平洋の学術研究に深い繋りを持つ国，例えば，英，仏，独，蘭等のヨーロッパの諸国も多く加わっている。この会議の歴史は古く，1920年に第1回会議がホノルルで開か
来，主要太平洋圏諸国で巡ぐりに開かれた
本では既に1926年（大正15年），1966年（
年）の2回に亘って東京で開かれ，特に昭
第11回会議の如きは登録者6,000人を数え
国空前の大会議となったことは大方の覚え
ることと思う。

その後は会議の場所はカンベラ，バンク
と移ったが，1979年（昭和54年）には第1
議がソ連極東の50万人都市ハバロフスクて
カデミーの主催の下に開かれることになっ
の要項は

主催機関　USSR の Academy of S
（太平洋学術協会 PSA のソ連を代表する
体）

組織委員会 Organizing Committee

委員長 President····SIDORENKO, A

書記長 General Secretery····AKSE

開催地　ハバロフスク（Khabarovsk）

期日　1979年8月20日－9月5日，後
討議

中心議題　The Theme··"Natural Re
of the Pacific Ocean——For the
of Humanity——"

参加者　公式代表····各国5人，普通
··制限なし（但し在来は各国の加
会議の研究連絡委員会　nationa
mittee(略して研連）が認めた科
同伴参加者（夫人等）

宿泊　Intourist を通して確保さる。

因みにこの会議は全く政治に係わらない
モットーとしている。従って ソ連と国交の
国や中華民国などの参加者も入国できる
っている。（渡辺

（編者注：詳細は次号に掲載する。）

紙碑

鈴木達夫会員の逝去を悼む

本協会々員鈴木達夫氏は，山形市在住のご長男のもとに滞在されご静養中のところ，昭和53年10月胃炎のため逝去された。享年85歳。

同氏は明治25年12月神戸市にお生れになり，大正5年7月第七高等学校を経て，東京大学理学部地質学科入学，同9年7月卒業，引続いて大学院に進学された。翌10年1月農商務省技手に任ぜられ鉱山局地質調査所勤務となり，同年7月同省技師に昇進された。爾来昭和5年まで北海道鉱物調査に従事され，天塩，石狩，後志及び釧路国内の各産炭地の調査を担当された。昭和5年以後は四国の7・5万分の1図幅地質調査を担当されたが，同8年6月オランダ領印度支那に出張，同地方の地下資源探査に従事され，帰国後は専ら四国の7・5万分の1図幅調査に当られた。同14年6月には中華民国に，引続いて同年9月には満洲国に出張。そして同15年10月地質調査所第5部長（測量製図）に昇進された。大東亜戦争酣なるに及び，同氏は昭和17年6月海軍嘱託となり，南方資源応急調査団員としてセレベス島に出張を命ぜられ，同18年6月には海軍技師として，海軍マカッサル研究所地質鉱物部長（セレベス在勤）に昇格，同20年7月帰国後，なお軍需省技師地質調査所勤務となられたが，終戦となり翌21年3月に至り退官された。その後間もなく再び地質調査所に勤務され，編纂地質図作製業務に従事され，同39年4月再度通産技官（地質調査所勤務）に任ぜられ，6カ年余勤務され，同45年7月退官された。

なお氏は学会関係にありては，昭和18年5月より同24年迄，東京地学協会評議員を勤められた。

同氏の地質調査所勤務中における主要業績と発行年は次の通りである。

鉱物調査報告：——天塩国中川郡恩根内産炭地(大正11年)，石狩国雨竜郡朱鞠内産炭地（同11年)，後志国茅沼炭田（昭和5年)，釧路国阿歴内



産炭地(同5年)，釧路国糸魚沢産炭地(同5年)。

7・5万分の1地質図幅：——室戸(昭和5年)，甲浦（同6年)，高知（同6年)，須崎(同8年)，窪川（同8年)，宇之町（同9年)，宇和島（同9年)，日振島（同11年)，宿毛（同12年)，田辺(同13年)，御坊（同14年)。

日本地質鉱産誌(昭和7年)：——白亜系の部，鉱物の部（黒鉛，蛍石，ざくろ石，海緑石，こはく)。

油田地質図：——蟹田油田地質図(昭和12年)，長野油田地質図（同13年)。

20万分の1編纂地質図（共編）：——唐津（昭和34年)，水戸（同35年)。

地学雑誌に発表された報告類：——高知県下の化石新産地(雑報，昭和5年)，愛媛県宇和郡における化石新産地(雑報，同6年)，宇和島附近の化石新産地（雑報，同7年)，南洋セレベスの話(同9年)。

同氏は温厚にして友情に厚く，退官後は悠々自適の日々を送られていたが，俄に幽明境をことにされるに到ったことはまことに残念である。ここに謹んで哀悼の意を表し，ご冥福を祈る次第である。ご遺族の茂子未亡人はお孫さんと共に，杉並区阿佐谷南 1—22—6（電話 311—8624）に住われ，ご長男一以氏は山形市上山家町で小児科医院を開業されている。　（赤木　健）

地学雑誌　第828号　昭和53年12月20日印刷　昭和53年12月25日発行
編集兼発行者　式　正英
発行所　社団法人　東京地学協会　東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102　電話東京(261)0809番　振替口座東京 66278番
印刷所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎 3-12-15

地学雑誌第87巻総目次

論説・報告

短報・資料

Contents of Journal of Geograpy, Vol. 87, 1978

東京地学協会取扱い出版物

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円　〒 400円

上松　足尾　厚田　阿仁合　赤穂　秋葉山　岩内　飯田　今治西部　伊予三崎　岩館　宇部　宇部東部　襟裳岬　渡島小島　飫肥　大垣　大迫　大畑　近江長浜　大屋市場　鬼鹿　尾花沢　小浜　蟹田　海南　唐津　冠島　霧島山　串本　鞍岡

小清水　小泊　甲府　国分　昆布森　猿留　須坂　垂水　田沢湖　但馬竹田　丹後由良　妻籠　土淵　都農　津山東部　都井岬　当別　動木　苫前　富高　那智　男体山　西方　沼田　鰐崎　八丈島　春立　羽幌　浜益　東茂住　燧岳　平戸　人首　船津　幌加内

本岐　幌泉　母衣月　神子元島　三日市　三厩　森吉山　門別　焼尻島　湯本　吉野山　米子　呼子　留萌

各 600円　〒 400円

阿寒湖　網走　荒島岳　伊万里　羽前金山　内の浦　遠別　雄冬　渡島大島　大村　奥津　大江山　鹿屋　上里　蠣ノ浦　加子母　金木　加治木

北見　草津　小口瀬戸　国領　佐用　志布志　城端　周匝　川内　男女群島　鷹巣　達布　田並　太良鉱山　近川　智頭　月形　徳舜瞥　仁位　西徳富　根雨　羽島　初浦　肥前高島付野母崎　日奈久　日向青島　美幌　肥前江ノ島　弘前　深浦　三島　三田井　焼石岳　涌谷　若柳

各 890円　〒 450円

五所川原　田老　妹背牛　△横田　脇野沢

850円　〒400円

山形市北部地質図

各 2,390円　〒 500円

竹田　蓼科山

2,390円

〒 都内 450　第一地帯 550　第二 〃 650　第三 〃 750

浜松

各 1,390円　〒 450円

磯浜　▲伊良部島　岩沼　魚津　渡島福島　川尻　金華山　熊石　久遠　五城目　▲尻屋崎　竹貫　多良間島　鶴居

▲利
富
那　珂
野
彦根東
都
▲八
陸奥川
米　内

各 1,510
〒 450
羽後和
▲知
大
館
多
飛騨古川

各 1,840円
〒 450円
秋　田
▲上　石　見
▲本　荘
八　が　岳

各1組 600円
〒 400円
芦辺・勝本・郷ノ
大槌・霞露岳
大　間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡
掛　塚・見付

1/20万 地質図　各 〒 300円（※近刊）

各440 円

石巻　大分　男鹿島　唐津　高知　野辺地　羽幌　松山　輪島　伊良湖岬

各 620円

青森　網走　酒田　新庄　標津　苫小牧　深浦　宮津　稚内

各 870円

岩内　天塩　広尾　尻屋崎

各 1,140円

根室　鳥取　北見　剣山　斜里

各 1,310円

留萌　帯広　知床岬　釧路　豊橋　野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎　旭川

2,350円

▲弘前および深浦

1/7万5千 地質図説明書付き

各 490円　〒 400円

鬼首　高松　徳島　勿来

1/50万 地質

1,280円
岡
1,950円
福
500円
八丈
奄美大
2,320円
▲釧
以上〒 300

地学雑誌　隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 1 (829), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　※近刊　▲印新刊

各　〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900

海洋地質図　各　〒400円

1/ 20万	(I)	甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(II)	対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(III)	相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(IV)	相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(V)	紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(VI)	紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(VII)	琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(VIII)	西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(IX)	八戸沖表層堆積図	2,350
▲1/ 20万	(X)	八戸沖海底地質図	1,970
▲1/100万	(XI)	日本海溝，千島海溝南部	2,650

日本油田ガス田図	(I)	青　山　奥	820
〃	(II)	横　　浜	820
〃	(III)	横　須　賀	820
〃	(VII)	魚　　沼	3,410 〒750
〃	(VIII)	本　　宿	1,510
〃	(IX)	七　　谷	820
〃	(X)	茂　　原	2,140
〃	(XI)	佐　　渡	1,510
同　上	説　明　書	佐　　渡	1,510

日本水理地質図　各　〒400円

(IV)	山梨県釜無川および笛吹川流域	
(V)	香東川・土器川・財田川流域	
(VI)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	
(VII)	千葉西部	
(VIII)	奈良県大和川流域	
(XI)	長野県松本盆地	
(XII)	兵庫県南西部	
(XIII)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
(XV)	都城盆地	
(XVI)	仙台湾臨海地域	
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	
(XX)	鳥取県日野川流域	
(XXI)	福岡県矢部川中流域	
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,
(XXV)	島原半島	1,
(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,
(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,
▲(XXVIII)	福島県郡山盆地	1,

空中磁気図　各　〒450円

(I) 酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,
(II) 稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,
(VI. VII) 気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,
(VIII. IX. X) 厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,
(XI. XII) 輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,
(XIII) 福井-豊岡-隠岐海域	
(XIV. XV. XVI) 豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1,
(XVII, XVIII) 天北-十勝地域	

各〒450円(ただしI，II，IIIは都内550円

第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870円

日本炭田図	(I)	常磐炭田図ならびに説明書	1
〃	(II)	北松	2
〃	(III)	留萌炭田大和地区	
〃	(IV)	常磐炭田泉地域	
〃	(V)	釧路炭田新鮭別地域	
〃	(VI)	石狩炭田空知区東芦辺地域	
〃	(VII)	釧路炭田北西部	
〃	(VIII)	雨竜一留萌	
〃	(IX)	佐世保市南西部新	
〃	(X)	新潟県赤谷	
〃	(XII)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	
〃	(XIII)	天北炭田地質図	
		天北炭田炭層対比図炭柱図	

Geology and Mineral Resources of Japan

〒都内 600円　第一地帯 720円

第二 〃 820円　第三 〃 920円

並製 3,780円



写真 1　ワラス市東方のコルディエラ・ブランカ断層の断層崖



写真 2　ケロッコチャ谷のモレーンと谷底の河岸段丘をきる低断層崖



写真 3 ケロッコチャ谷を横断する低断
No. 19754～19755)

コルディエラ・ブランカ断

The Cordillera Blanca Fa

ペルー・アンデス主脈のコルディエラ・ブランカ
で南峰海抜6768m, 北峰6655m) は, 鮮新世の花崗岩
層崖で, サンタ河沿いの盆地に面している。 この断
長は約200km に及ぶ。

この山脈の海抜5,000m 以上の峰々は現在も氷河を
分布している。これらのU字谷の山麓出口および現在
た5～6群の新鮮なモレーン群が発達する。とくに
推定) とそれにつづく再進出期 (約1.3万年前と推定

コルディエラ・ブランカ断層は, これらのモレーン
低断層崖がよく発達する。この断層は高角の正断層
ンの稜線を25m 垂直に変位させており, 平均変位速
られる最近の断層の動きは, コルディエラ・ブラン
る。 (1970年11月, 米倉伸

地学雑誌 88, 1 (1979)

コルディエラ・ブランカ（ペルー）西麓の活断層

米倉伸之* 松田時彦**
野上道男*** 貝塚爽平***

An Active Fault along the Western Foot of the Cordillera Blanca, Peru

Nobuyuki YONEKURA, Tokihiko MATSUDA,
Michio NOGAMI, and Sohei KAIZUKA

Abstract

The Cordillera Blanca of the Peruvian Andes is a glaciated mountain range, the highest peak of which is Nevados Huascaran, 6768 meters high above sea level. The Cordillera Blanca is composed mainly of a batholith dating from 3 to 12 million years ago. The southwest slopes of the Cordillera are steep fault scarps developed in the Quaternary (WILSON *et al.*, 1967; DALMAYRAC, 1974). These fault scarps are developed along what is here termed the Cordillera Blanca Fault. To the southwest, the Cordillera Blanca is bounded by the fault and the valley of Rio Santa, while to the northeast of the Cordillera, no notable active fault appears in the Mesozoic fold belt (Figs. 1 and 2).

The Cordillera Blanca Fault is easily recognized even on the LANDSAT images (Photo. 1). The total length of the fault is about 180–200 km and the relative height of fault scarps is over 4000 meters in muximum near Nevados Huascaran. The topographic features of the fault change from north to south. In the northern part, the fault scarp is high and steep and the fault line is simple. In the central part, the fault line waves and a cusp is formed to the northeast of Huaraz city. In the southern part, the relative heights of fault scarps become smaller and many fault scarplets run discontinuously in échelon (Figs. 3 and 5).

Two regions in the southern part of the Cordillera Blanca Fault were investigated in November, 1970. The amount of fault displacements at the Queroccocha Valley and the Tuco Valley were measured using correlative moraine ridges in the valley sides and surfaces of fluvial terraces in the valley floors (Figs. 5–12). Unfortunately, data on the absolute ages of these landforms was unobtainable. They were estimated by comparing the succession of moraines with the age-known moraines formed from the last glacial expansion to the present in the Chilean Andes (for example, MERCER, 1976).

* 東京大学理学部地理学教室 Department of Geography, University of Tokyo
** 東京大学地震研究所 Earthquake Research Institute, University of Tokyo
*** 東京都立大学理学部地理学教室 Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

Our investigation demonstrates that the Cordillera Blanca Fault is an active normal fault and that faulting has occurred progressively in the late Quaternary. The main results obtained follow:

1) Faulting has occurred progressively at least during the last 20,000 years. The outermost morain ridge estimated about 20,000 years ago (M_1) has a vertical offset of 57 meters at the Tuco Valley. The second ridge estimated about 13,000 years ago (M_2) has a vertical offset of 25 meters at the Queroccocha Valley.

2) The average rate of vertical displacement along the fault is estimated to be 2 meters at the Queroccocha Valley and 3 meters at the Tuco Valley per one thousand years.

3) The values of vertical offsets which occurred during the different ages suggest that the amount of vertical displacements at one event of the faulting may be 2 and 3 meters at the Queroccocha and Tuco Valleys, respectively.

4) These results imply that the Cordillera Blanca Fault has a recurrence interval of about one thousand years.

5) If the faulting has continued at the same rate as in the late Quaternary, the amount of vertical displacement ranges from 2,000 or 3,000 meters for one million years. These values are of the same order as the relative heights of fault scarps at the western slope of the Cordillera Blanca. This means that the Cordillera Blanca Fault has been playing an important role in relief forming of the Cordillera Blanca and the Santa Valley.

6) There is no historical large earthquake which occurred along the fault (Fig. 13). It is not certain whether the faulting occurs segmentally or entirely along the fault. But if during one earthquake, the fault moves along its entire length of 200 km, and assuming that the fault plane dimension is 200 km by 40 km, and that the average displacement is 2.5 meters, the seismic moment (M_0) can be estimated to be about 6×10^{27} dyne-cm using the following equation (AKI, 1966),

$$M_0=\mu S\overline{D}$$

where μ is the rigidity of the earth crust (3×10^{11} dyne/cm^2), S is the fault dimension, and $\overline{D}$ is the average dislocation. The magnitude (M_s) of such an earthquake is estimated to be about 8.

7) The focal mechanism of most earthquakes under the Peruvian Andes indicates that the stress system over the Peruvian Andes corresponds to an E-W horizontal compression (STAUDER, 1975). Normal faulting of the Cordillera Blanca Fault does not seem to be harmonious with such a compressional stress system. Therefore, it is assumed that the Cordillera Blanca Fault has occurred under a local E-W extensional stress field which has appeared at the crest of the Andean up-warping formed in the late Cenozoic.

I. はじめに

コルディエラ・ブランカ (La Cordillera Blanca) は，ペルー・アンデス山系に属し，海抜5,000m 以上の山頂に現在も氷雪をいだいている「白い山脈」である。この山脈の西斜面は，比高 4,000m 以上

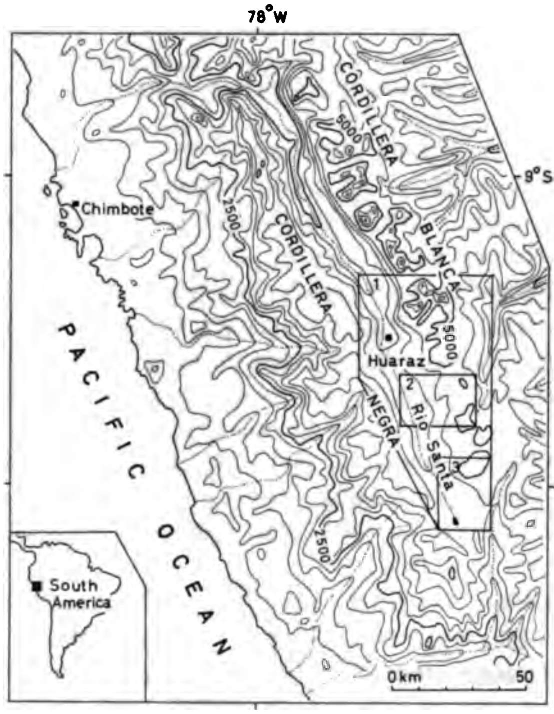
麓でサンタ河（Rio Santa）沿いの盆地に面し，山麓には新しい断層運動を示す変動地形が認めら

では，コルディエラ・ブランカ西麓における断層変位が，最終氷期から現在にいたる時代にも累積
ることを報告し，ペルー・アンデス山系のネオテクトニクスとの関係について考察する。
調査は，松田が1970年ペルー地震に対する日本政府調査団の一員として現地を訪問した際に予備的
行ない，本調査は筆者ら4人が昭和45年度文部省海外学術調査「環太平洋地震帯の地殻変動調査」
:貝塚爽平）の一環として1970年11月に行なった。
結果の概要は，日本地質学会1971年大会および Recent Crustal Movement シンポジウム（1977年
スタンフォード大学）で，口頭発表された。

II. 調査地域の地質・地形概説

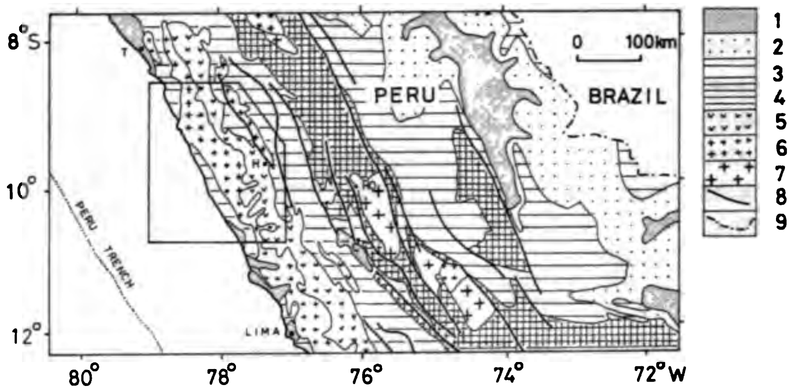
ペルー・アンデス山系の地質

デス山系は一般に数列の山脈からなり，ペルー南部・ボリビア・チリ北部では山系内にアルティプ
Altiplano）とよばれる高原が幅
達している。ペルー中・北部で
ルティプラノはなく，アンデス
幅せまくなり，山系は，海岸
ラニョン河（Rio Marañon）の
山脈（Cordillera Occidental），
ョン河とワヤガ河（Rio Hua-
の間の中央山脈（Cordillera
l），その東側，アマゾン低地と
東山脈（Cordillera Oriental）
られる（JENKS, 1956）。西山
サンタ河谷をさかいにして，西
ルディエラ・ネグラ（Cordillera
と東側のコルディエラ・ブラ
に分される（第1図）。
ー・アンデスの地質は，JENKS
BELLIDO (1969), ANDEBAUD
(1973) などにより総括されて
コルディエラ・ブランカ地域に
は，MCLAUGHLIN (1924),
N *et al.* (1967) などの報告が
ペルー・アンデス山系において
の孤状山脈と同様に大陸縁に平
状構造が認められる。しかし，
~14度のペルー海溝に面するペ
央地域では，活火山および海岸



第1図　コルディエラ・ブランカ周辺の地形
等高線は500 m 間隔，点線は主な水系，1・2・3の枠は，それぞれ第5・6・11図の範囲を示す（Cordillera Blanca, Perú, Südteil, KINZL, 1964による）

発達せずに，その代りに大陸棚が幅広いという特徴がある。
ー・アンデス山系中・北部地域は，海溝側から大陸側にむかって次のような帯状構造を示す（第2
）ペルー・チリ海溝，(2) 大陸棚（一部海岸山脈），(3) 西山脈（海岸バソリス・中生代~第三紀



第２図　中部ペルーの地質
1. 第四系，2. 上部第三系，3. 下部第三系および中生層，4. 古生層およびプレカンブリアン，5. 火山岩(第三紀前期および白亜紀)，6. 新期貫入岩（第三紀前期および白亜紀後期)，7. 古期貫入岩(古生代)，8. 主な断層，9. 国境線
C : Cerro de Pasco, H : Huaraz, HO : Huanuco, T : Trujillo.
(BELLIDO, 1969を簡略化)，実線の枠は第１図の範囲

褶曲帯)，(4) 中央山脈（古生代褶曲帯)，(5) 東山脈（サブ・アンデス断層帯)，(6) アマゾン低地。

南緯 15～16 度にあるナスカ海嶺より北側のペルー海溝は，南側のチリ海溝より一般に浅く，最深部は 6262m である。大陸棚地域の岩石は，南緯14度以南の海岸地域に分布するプレカンブリアンとされている基盤岩石が連続すると考えられている。

西山脈地域は，アンデス地向斜の中心地域で，ジュラ紀・白亜紀に堆積盆が発達し，白亜紀末～新生代初期には陸化した。白亜紀末から第三紀中期にわたり，褶曲運動や海岸バソリスの貫入，火山活動など造山運動が活発であった。褶曲運動は 80m.y. 以後，海岸バソリスの貫入は 100～10m.y. にわたっている (STEWART *et al.* 1974)。コルディエラ・ブランカは主に花崗閃緑岩の貫入岩体からなり，西縁を断層にかぎられ，海岸バソリスから25km ほど東に独立して分布する。コルディエラ・ブランカの貫入岩体の K-Ar 年代は３～12m.y. で，海岸バソリスより若く (STEWART *et al.*, 1974)，サンタ河谷に分布する火山岩（暁新世～中新世と推定）を貫いており，貫入岩体の年代は鮮新世である (DALMAYRAC, 1974)。この岩体は地下数 km に貫入した後，西縁の断層に沿う隆起と岩体上の地層の侵蝕により地表に露出した (WILSON *et al.*, 1967)。

中央山脈は，プレカンブリアン・古生層からなる古生代褶曲帯で，新生代においては，高角逆断層に沿う垂直運動が特徴的である (WILSON *et al.*, 1967; MYERS, 1975)。東山脈はサブ・アンデスともよばれ，海抜高度が2,000m 以下で，主に中生層・第三紀層からなり，褶曲をともなう西傾斜の逆断層が発達しており，鮮新世におけるアンデスの隆起にともなう変動と考えられている (HAM and HERRERA, 1963)。

2)　コルディエラ・ブランカ付近の地形

コルディエラ・ブランカは，ペルー・アンデス山系で最も高い山脈で，最高峰はワスカラン雪山 (Nevados Huascaran)で，南峰（海抜6768m）と北峰（6655m）の二峰からなる。海抜5000m を越す山頂部は現在も氷河におおわれている。同山脈の西斜面は，サンタ河谷に面して比高３～4000m の急崖となっており，これは本論文の主題である断層崖のもっとも比高の大きい所である。

コルディエラ・ブランカ東斜面は，西斜面ほど急ではないが，深い谷に刻まれ，起伏の大きな山岳地形を示す。同山脈東麓には，西麓のような断層地形が認められず，同山脈は傾動山地である。コルディエラ・

ブランカの東方および南方地域には，海抜4200m 前後の高度に，開析された小起伏面が広域にわたって分布し，プナ面 (Puna Surface) とよばれている (McLAUGHLIN, 1924)。

サンタ河は，南緯10度10分のコノコチャ湖 (Lago Conococha) に源をもち，コルディエラ・ブランカに平行して北北西に幅広い谷底を流れ，ついで南緯８度55分以北では峡谷をなし，南緯８度30分付近で西にむきをかえ，コルディエラ・ネグラを横断し，チンボテ (Chimbote) 市北方で太平洋に注ぐ。その河床高度は，コノコチャ湖付近で海抜4000m，ワラス (Huaraz) 市付近で3200m，ワスカラン西麓で2400m となる。サンタ河谷東縁には明瞭な断層があるが，西麓には顕著な断層崖が認められず，サンタ河谷は断層角盆地であろう。

サンタ河谷の南西側は，コルディエラ・ネグラで主に白亜紀・第三紀の火山岩・貫入岩からなる。この山脈の東寄り山頂部は，海抜 4800～5000m の高度をもち，4000m 以上の山頂部には，小起伏で波状をなす氷蝕地形が残っている。しかし山脈西寄りほど，太平洋に注ぐ急流河川によって開析され，高度が急に低くなる。

この地域の地形発達史については，McLAUGHLIN (1924) の古典的研究があるのみで，サンタ河谷の形成と河谷内の地形発達はほとんど調査されていない。サンタ河谷内には，各所で表層20m 位が赤色風化された厚さ200m 以上の砂礫層が観察され（例えばワラス市東方），この砂礫層をきって小起伏面が発達している。また DALMAYRAC (1974) によれば，サンタ河谷には，火山凝灰岩を含む河成一湖成堆積物（厚さ250m 位で，鮮新～更新統と推定）が分布し，それには粗粒な堆積物が含まれていないので，堆積当時の周辺の起伏は，あまり大きくなかったらしい。また河岸段丘・扇状地などの新しい地形も分布しているので，今後の調査が望まれる。

コルディエラ・ブランカの現在の氷河の分布と動きについては，KINZL の一連の仕事がある (KINZL, 1942, 1964, 1970など)。しかし，第四紀の氷河地形については，断片的な報告しかない (HEIM, 1947; WILSON *et al.*, 1967 ; KINZL, 1970; CLAPPERTON, 1972; LLIBOUTRY *et al.*, 1977)。コルディエラ・ブランカは，少なくとも２期の氷河作用をうけ，旧期のものは山麓に分布する氷河性堆積物，あるいは形態の不明瞭な氷河地形として記録されている。新期のものは，新鮮なモレーン地形を残している。コルディエラ・ブランカ西斜面を刻む多数のU字谷がサンタ河谷に出る山麓部には，新期氷河の最大拡大期を示すモレーンがあり，これらのターミナル・モレーンの分布高度は北部では海抜3000m，南部では約4000m である。より新しい時期のモレーン群は，山麓から現存氷河までの間のU字谷底に分布し，新期のモレーン群は５～６群に区分される。この地域では，これらの新期モレーンの絶対年代は明らかにされていないが，チリ・アンデス湖沼地帯における我々の調査（貝塚ほか，1973）や MERCER (1976 など) の研究結果からみて，最終氷期の２万年以降に形成されたものと推定される。

III. コルディエラ・ブランカ断層

1) 今迄の研究

コルディエラ・ブランカの西斜面が断層崖であり，山麓には更新世の氷河堆積物やモレーンを変位させている新しい断層地形があることは，KINZL (1942, 1964)，FERNANDES CONCHA (1957)，WILSON *et al.* (1967) などが報告し，LLIBOUTRY *et al.* (1977) は，この断層を “The Great Cordillera Blanca Fault” と呼んでいる。本稿では，この断層を「コルディエラ・ブランカ断層」と呼ぶ。

最近，MATTAUER (1973)，DALMAYRAC (1974) らは，コルディエラ・ブランカ断層は，断層露頭の観察などから平均走向 N140°E，断層面が西南に傾く正断層で，N65°E 方向の展張軸が推定されること，山麓の第四紀層やモレーンは，新しい断層運動により５～200m の垂直変位（山地側の隆起が卓越）をうけていること，コルディエラ・ブランカ断層は第四紀を通じて活動しており，コルディエラ・ブランカとサンタ河谷の大起伏がこの断層運動により形成されたこと，その総垂直変位量は約 4000m に達し，それを第四紀の長さで割って得た平均変位速度は２mm/年であることを報告した。

一方，MEGARD and PHILIP (1976) は，中部アンデスのテクトニクスを論ずる中で，この断層について，段丘やモレーンなどを切断する山麓の断層崖の走向は，N40°～55°W で，全体として左雁行（杉のつくり型の雁行）の分布をすること，それらの断層崖では最大60m の西南側落ちの正断層変位を示すこと，また最大20m の水平変位がみられ，水平変位のむきは，断層の走向の数度のちがいによって左横ずれ，右横ずれの両者があること，これらの事実から N35°W の圧縮軸と N55°E の展張軸が推定されることなどを述べている。

2) 断層の地域的記載

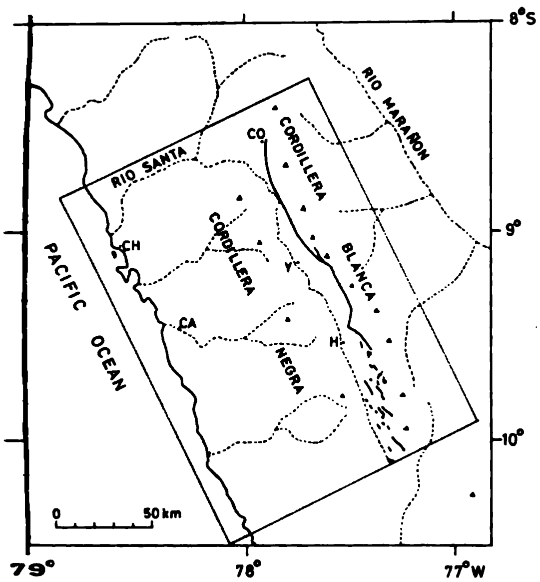
コルディエラ・ブランカ断層の全域にわたる詳細な分布図は，いままでに作成されていない。ここでは LANDSAT 映像，航空写真，地形図の判読および現地調査の結果にもとづき，簡単に記載する。

LANDSAT 映像（写真１）上では，末端部の確認はややむずかしいが，コルディエラ・ブランカ西麓に沿う北北西―南南東の顕著な断層崖が明瞭に読みとられ，その延長は180～200km に達する。さらに筆者らは，ペルー軍地理局 (Instituto Geografico Militar del Perú) の好意により，活断層の分布を知るために，ペルー中部太平洋岸地域について，航空写真（約６万分の１，主に1962年撮影）の実体視観察を行なうことができた。第３図に示すように，ほぼ本州中部地方に相当する広さの範囲内 (200km×140 km) に見出された顕著な活断層は，コルディエラ・ブランカ西麓に沿う一群のもの（コルディエラ・ブランカ断層）だけであった。このほかには長さ１km 程度の活断層の疑いのあるリニアメントが数条コルディエラ・ネグラ中部の Pira 付近に見出されたが，図では省略した。



写真１　コルディエラ・ブランカ(ペルー)周辺の LANDSAT 映像
左下から右上にかけて，コルディエラ・ネグラ，サンタ河谷，コルディエラ・ブランカ(雪氷をかぶり白い)，マラニョン河谷の順にならぶ (NASA E2194-14351-702 と E2518-1429-702)

第４図には比較のために，ほぼ同スケールの空中写真観察で認められた本州中部の活断層およびその疑いのあるリニアメントの分布図（松田・岡田，1968）を示した。判読に用いた空中写真のスケール（４万分の１）や質，断層・リニアメントの判読・摘出の基準は，両地域に対してほぼ



第３図　中部ペルー太平洋岸地域の活断層分布
枠内が航空写真判読した範囲，太い実線が断層，点線は主な河川，三角印は主な峰
CA : Casma, CH : Chimbote, Co : Corongo, H : Huaraz, Y : Yungai.



第４図　本州中部の活断層分布
（松田・岡田，1968による）

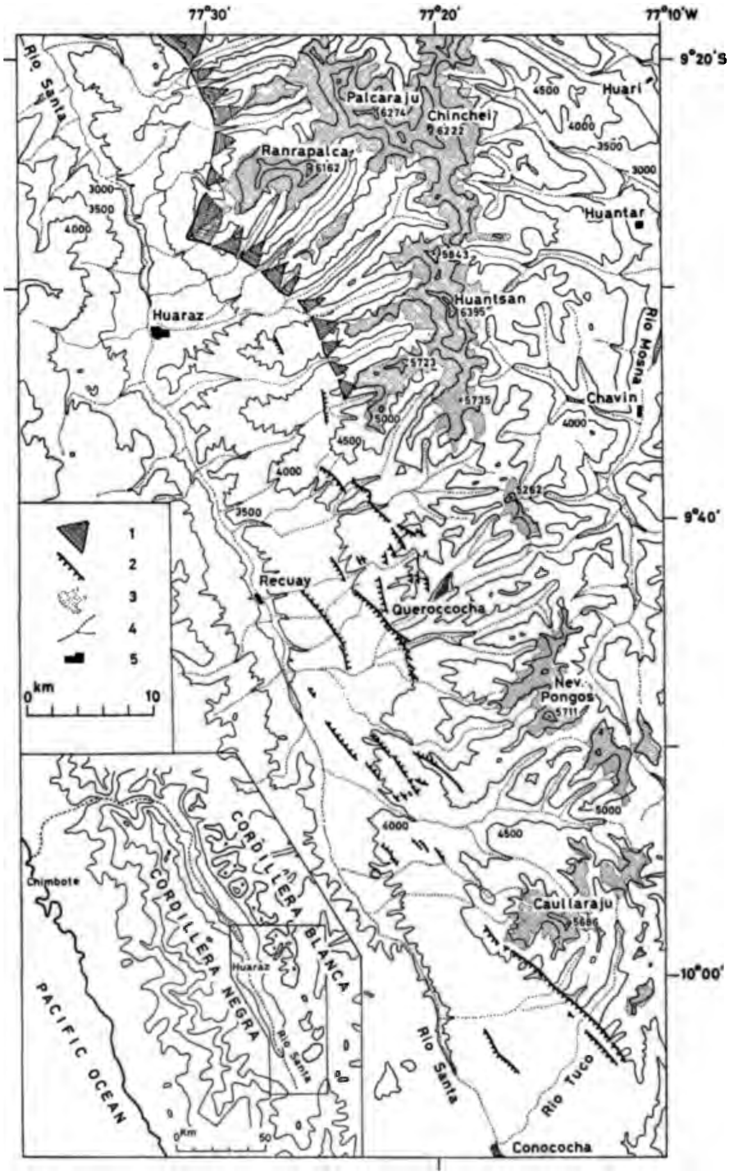
同じであるのに，ペルー中部地域は本州中部地域にくらべて，活断層が極めて数少ないこと，当地域の唯一の顕著な活断層であるコルディエラ・ブランカ断層の規模雄大であることが注目される。

コルディエラ・ブランカ断層の北端は，コルディエラ・ブランカの高度が下り幅広い高原状になるCorengo（南緯８度35分）付近にある。これより南方でコルディエラ・ブランカが高度を増し6000m以上の高山がならぶようになると，その西斜面基部に比高数百ｍ以上の三角末端面をともなう断層崖地形が発達する。またコルディエラ・ブランカを刻む氷蝕谷の出口付近には氷河性堆積物を切る低断層崖も明瞭である。北部から中部（ワラス市付近）までは，比較的単純な断層線で，断層崖の比高もワスカラン雪山西方などで4000mをこえるところがある。

断層線はワラス市北東で西に凸のカスプ状に屈曲しているが，これ以南の，コルディエラ・ブランカ南半の西麓では，断層は数多くの雁行状の断層線に分かれる。断層崖は比高が小さくなり，モレーンや扇状地面が数条の断層で切断され，パンパ上に西むきあるいは東むきの低断層崖ができ，地溝を呈しているところもある。

コルディエラ・ブランカ断層の中南部（南緯９度20分～10度10分の範囲）の地形と断層分布を第５図に示す。コルディエラ・ブランカの西斜面は，一部で氷河性堆積物が付着しているが，概して露岩からなり巨視的には断層崖そのものが，断層面をあらわしていると思われる場合が少なくない（ワラス市東方のランラパルカ山（Ranrapalca, 海抜6162m）やワンツァン山（Huantsan, 6395m）などの西斜面）（口絵写真１）。

南緯９度35分以南では，三角末端面の地形が不明瞭になり，山麓のモレーンや扇状地を切る低断層崖が発達する。低断層崖は全体として山麓線の一般方向に平行して分布するが，個々の低断層崖は互いに雁行している。山麓のモレーンを切る低断層崖は，その基部に地溝状の凹地をともなうこと，断層面が一般に



第５図　コルディエラ・ブランカ中南部西麓の断層地形
1．三角末端面，2．低断層崖，3．現在の氷河分布域，4．水系，5．集落，等高線は500m 間隔 (Cordillera Blanca, Pepú, Südteil, KINZL, 1964による)

西南に傾斜していることなど，正断層にともなう特徴を示し，コルディエラ・ブランカ断層は西傾斜の正断層であり，その変位のむきはコルディエラ・ブランカの隆起とサンタ河谷の沈降という大起伏の形成と調和的である。

IV. 第四紀末期の断層運動

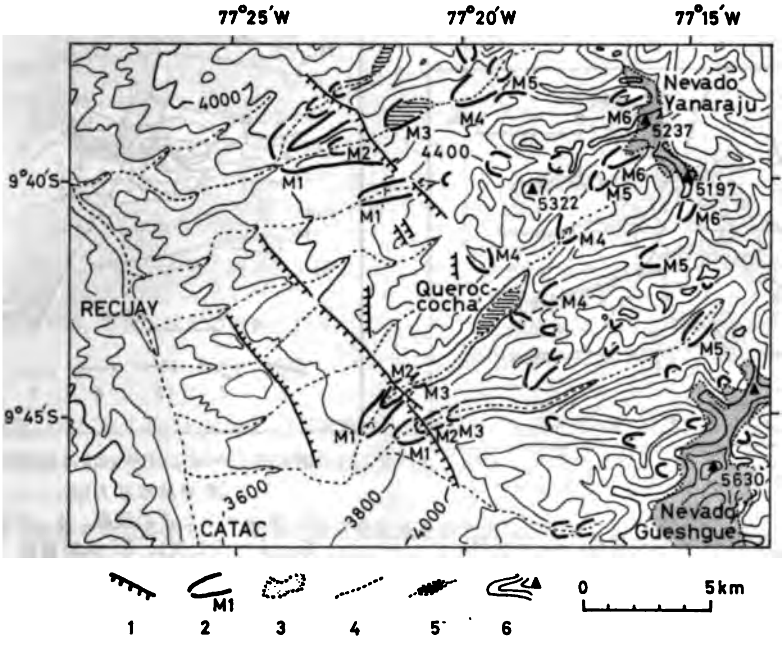
筆者らは，南部地域のうち，ケロッコチャ谷 (Quebrada Queroccocha) とツーコ谷 (Quebrada Tuco) の2ケ所をえらび，新しい地形を変位させている低断層崖について，地形・地質調査を行なった。最終氷期に形成されたモレーンおよびモレーン内の谷底の河岸段丘の地形調査により，対比地形面の変位量を測量し，断層の垂直変位量を求めた。

これらの二つの谷では，断層線が山麓を走り，時代の異なるいくつかの地形を切断しているので，断層運動が累積的に進行してきたことを示す証拠を得ることができた。しかしこれらの地形の形成年代を知るのに役立つ ^{14}C 年代試料などの採取には成功しなかった。そこで，地形の保存状態や地形発達の順序などから，新期モレーン群をまず年代のわかっているチリ中南部の氷河地形に対比し，それにもとづいて変位地形の年代を推定し，断層の平均変位速度などを検討した。

1) ケロッコチャ谷

ケロッコチャ谷は，レクワイ (Recuay) 街東方にあるヤナラフ雪山 (Nevado Yanaraju, 5237m) の南西斜面を刻む氷蝕谷で，谷底には崖錐でせきとめられて形成されたケロッコチャと呼ばれる湖があるので，この谷をケロッコチャ谷と呼ぶことにする。谷口付近の山麓線は海抜4000m，その西側には3600～4000m に氷成・河成堆積物からなるパンパ・チャキパンパ (Pampa Chaquipampa) とよばれる平原がある（第5・6図）。

山麓線に沿って，西南側落ちの低断層崖が北北西—南南東に走る。これに平行して約3.5km 西方に，東



第6図 ケロッコチャ谷周辺の地形
1. 低断層崖，2. 最終氷期以降の新期モレーン群 (M_1～M_6)，3. 現在の氷河，4. 河川，5. 湖，6. 等高線および主な峰（200 m 間隔，ペルー軍地理局10万分の1地形図 Recuay 図幅による）

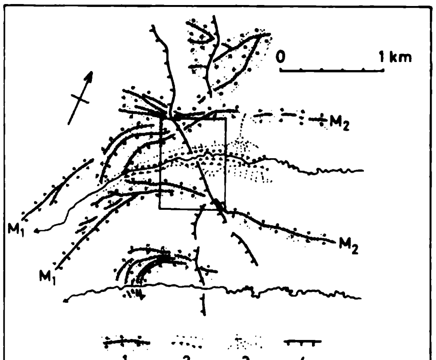
北側落ちの低断層崖が分布し，パンパ・チャキパンパは幅広い地溝状の凹地をなしている。山麓線の東北側にある山稜と西南側のパンパとの間の断層崖の比高は約600m であるが，断層崖の下部はパンパを構成する新しい堆積物により埋積されていると推定される。

ケロッコチャ谷には，明瞭な一連の新期モレーン群が分布している。最も外側のモレーンは，山麓線を越えてパンパ上に分布しており，モレーンの末端は海抜3800m 付近にあり，断層線を横切るあたりではサイドモレーンの発達がよい。このモレーンを M_1 とよぶことにする。M_1 は最終氷期において，この地域で氷河が最も拡大した時期に形成された（第6図）。

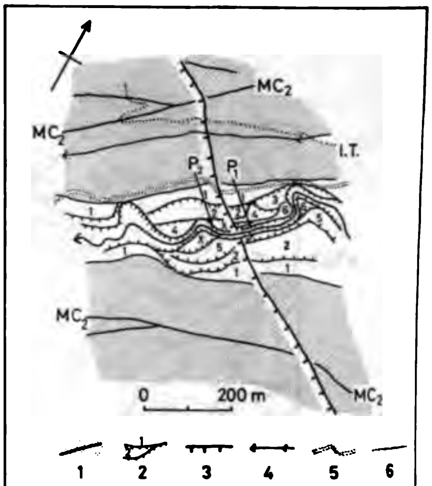
M_1 の内側には，何列かのリセッショナル・モレーンがみられるが，それらと地形的に不整合な，より新期のモレーンが山麓線付近に発達している。これを M_2 とする。したがって M_2 は，M_1 形成後に後退した氷河が再進出した時期に作られたものである。M_2 の末端高度は3850m である。

M_2 形成後，それに接近して M_3 が形成されたが，この後この地域の氷河はU字谷内に M_4, M_5, M_6 を残しつつ後退した。M_3 は山麓線より 1 km ほど内側の3900m 付近に，M_4 はケロッコチャ湖東岸の谷の合流点（4000m）付近に，M_5 は4500m にあり，M_6 は現存氷河の近くにあり，その形は現在の氷舌端の形によく似ており，植被も乏しい，ごく新しいモレーンである。これらのモレーンは細かくみると，それぞれ何列かのモレーン群からなっている。

この谷のモレーンの発達系列は，ボリビアのコルディエラ・レアル（Cordillera Real）におけるもの（野上，1970）とよく似ており，アンデス山系における氷河の消長が広域の気候変化に対応しているものと



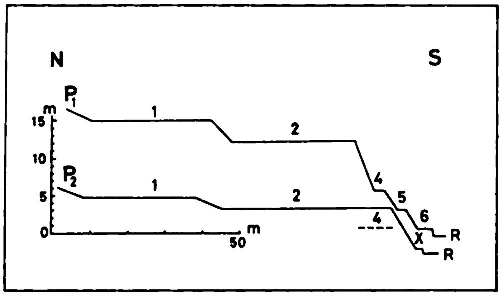
第7図　ケロッコチャ谷のモレーンと断層
1. モレーンとその稜線，2. 河岸段丘，3. 沖積錐，4. 低断層崖，矢印付きの実線は河川，実線の枠は第8図の範囲



第8図　ケロッコチャ谷の地形学図（断層地形拡大図）
1. モレーンとその稜線，2. 河岸段丘（1～6とX），3. 低断層崖，4. 河川，5. 自動車道，6. 歩道(I. T. インカ道)，P_1・P_2 は横断面図（第9図）の位置

考えられる。最終氷期の氷河地形の絶対年代が知られているチリ・アンデスの湖沼地帯（MERCER, 1976）にあえて対比させれば，ケロッコチャ谷の M_1 の年代は約2万年前，M_2 および M_3 は約1万3千年前，M_4 以下は1万年より若いと推定される。とくに M_6 は過去数百年間に形成された，いわゆる小氷期（Little Ice Age）のものである。

ーロッコチャ谷の低断層崖の位置と周辺の地形との関係を第7図に，ケロッコチャ谷の低断層崖付近の彡の拡大図を第8図に，現地の地上写真と航空写真をそれぞれ口絵写真2・3に示す。コルディエラ・ブーカ断層のうち，この地域で最も明瞭な低断層崖は北北西—南南東に走り，M_2 を大きく，M_2 内側の三に発達している数段の河岸段丘を小さく変：せている。この河岸段丘の，第8図の P_1，劉線ぞいの歩測とハンドレベルによる横断ヒの結果を第9図に示す。M_2 稜線と谷底と二高は約130m，谷底の最高位河岸段丘面（第I の1面）と現河床との比高は，断層線の北東（隆起側）で約15m，南西側（落下側）で約ι である。M_2 の北側稜線には，低断層崖基こ地溝状凹地があり，第8図の断層線のまが ゝらも読めるように，断層面は高角であるが 耳へ傾斜しているので，この断層は正断層とヒられる。

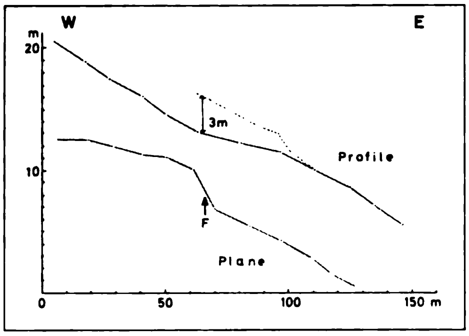


第9図　ケロッコチャ谷の河岸段丘の横断面図
P_1：低断層崖の上流側，P_2：低断層崖の下流側

谷底には，第8図に高位から番号を付したように，低断層崖より上流側に6段の河岸段丘面（1〜6ı，下流側に5段の河岸段丘面（1，2，4，5，X面）が認められる。低断層崖より上流側は，隆起に

上流側の地形面	下流側の地形面	上・下流地形面高度差より知られる断層垂直変位量	変位量の差
M_2 稜線	M_2 稜線	25m	14m
段丘1面	段丘1面	11m	2m
〃 2面	〃 2面	9m	4m＋
〃 4面	〃 4面	5m以下*	2m−
〃 5面	〃 X面	3m**	2m＋
〃 6面	〃 X面	1m以下**	

* 断層崖を境にして上・下流側の段丘面が接していない。
** X面をかりに5，6面と対比して得られる値。



第10図　ケロッコチャ谷のインカ道
上：縦断面図，下：平面図，F：低断層崖の位置，点線は旧道

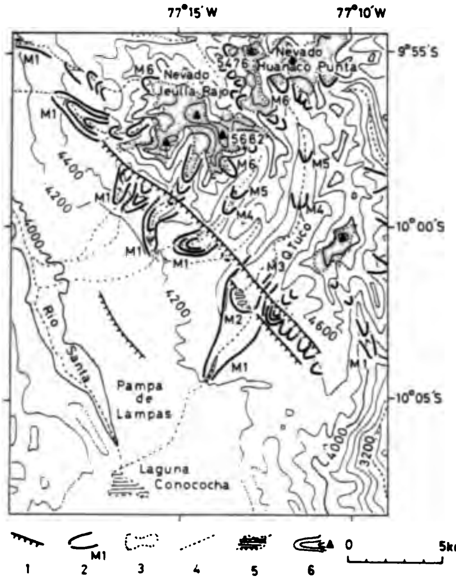
って段丘面間の比高が大きいのに対し，下流側は氾濫原が広く，段丘の分化が進んでいないのである。流側には現河床よりわずかに高い段丘が局地的に分布しており，上流側に対比できるものが明らかでなのでX面とよんだ。

上記の地形を断層の変位基準として断層の垂直変位量を低断層崖のところで直接求め，さらに2つの横測量によって求めた結果，上の表に示すような値が得られた。

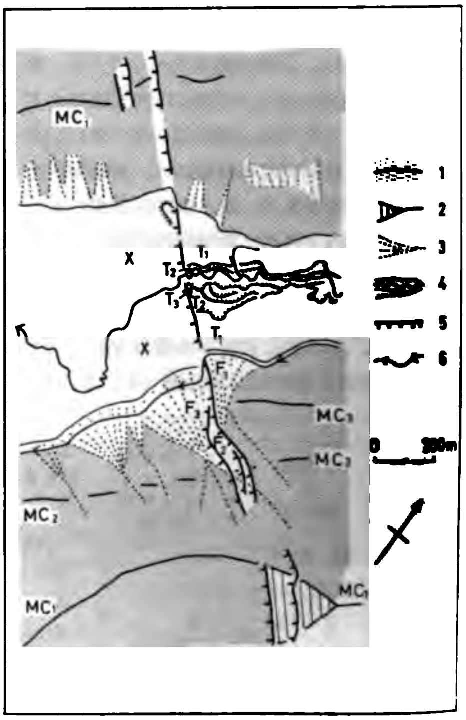
右岸のモレーン斜面には，この付近の住民が通行する道路があり，我々は「インカ道」と仮称した。こ道は斜面をほぼ同じ勾配でななめに横切って谷底とモレーン稜線をむすんでいる（第8図の I.T.）。低層崖付近では，インカ道が切断され，その下に新しく道をつけなおしてある。その部分を測量して平面および縦断面図として表わしたのが第10図である。この図にみるように，低断層崖を横切るところで，新道の勾配がゆるくなっており，切断された旧道との比高は約3mである。これは断層運動によりイカ道が切断され，垂直に2〜3m変位したことを示す。また同じ斜面には，上流から下流へむかうかんが

い水路が通っているが，この水路は低断層崖の部分を滑らかに通過しており，断層変位を示す証拠は見出されなかった。

これらの事実は，古い地形ほどそれを切断する低断層崖の比高が大きく，断層運動が累積されてきたことを示す。また M_2 の形成年代を1.3万年前とすると，M_2 稜線の垂直変位量が25m なので，M_2 形成後の平均垂直変位速度は約2m/1,000年となる。さらに，新旧の断層垂直変位量の差がおおよそ2m の倍数



第11図　ツーコ谷周辺の地形
1．低断層崖，2．最終氷期以降の新期モレーン群（M_1～M_6），3．現在の氷河，4．河川，5．湖，6．等高線および主な峰（200m 間隔，ペルー軍地理局10万分の1地形図 Recuay・Chiquian 図幅による）



第12図　ツーコ谷の地形学図（断層地形拡大図）
1．モレーンとその稜線，2．三角末端面，3．沖積扇状地（F_1～F_3），4．河岸段丘（T_1～T_3）沖積氾濫原（X），河川，5．低断層崖，6．がんがい水路

であること，インカ道や新しい河岸段丘の変位量が2m 前後であることなどから，一回の断層変位量は平均して約2m と推定される。だとすれば，断層運動の再現期間は約1,000年ということになる。なお，ここでは，水平変位は観察されなかった。

2）ツーコ谷

ツーコ谷は，ワナコ・プンタ雪山（Nevado Huanaco Punta）に源流をもつ氷蝕谷で，その河流はサンタ河谷の最上流部のパンパ・デ・ランパス（Pampa de Lampas）という平原を流れ，サンタ河に合流する（第5・11図）

ツーコ谷の氷河は，山麓に大きな新期モレーン群を残した。最も外側のモレーンは，山麓線を基部として尖った舌状の平面形をしており，基部で海抜4400m，末端で4200m に位置する。このモレーンを M_1 とする。M_1 の内側にあって，現在アガシュ湖（Laguna Aguash—湖面は海抜4250m—）をだいているモレ

ンを M_2 とする。この谷では M_3 は不明瞭である。山麓線より内側の氷蝕谷内に M_4 以下のモレーンが分布しており，海抜4400m付近のものを M_4，4500 m 付近のものを M_5，現在の氷舌に近い 4800m 付近のものを M_6 とする。これらのモレーン群の分布系列は，ケロッコチャ谷におけるものとよく似ており，ツーコ谷の M_1〜M_4 の末端高度はケロッコチャ谷の M_1〜M_4 にくらべて，いずれも約400m 高くなっている。

ツーコ谷の山麓には，第5・11図に示すように，北西―南東に走る長さ 15km 余りの南西側落ちの低断層崖がある。またツーコ谷南岸には，この低断層崖に平行して，約1.5km 南西側に長さ 4 km の低断層崖があり，さらにパンパ・デ・ランパスにもほぼ平行な低断層崖が認められる。

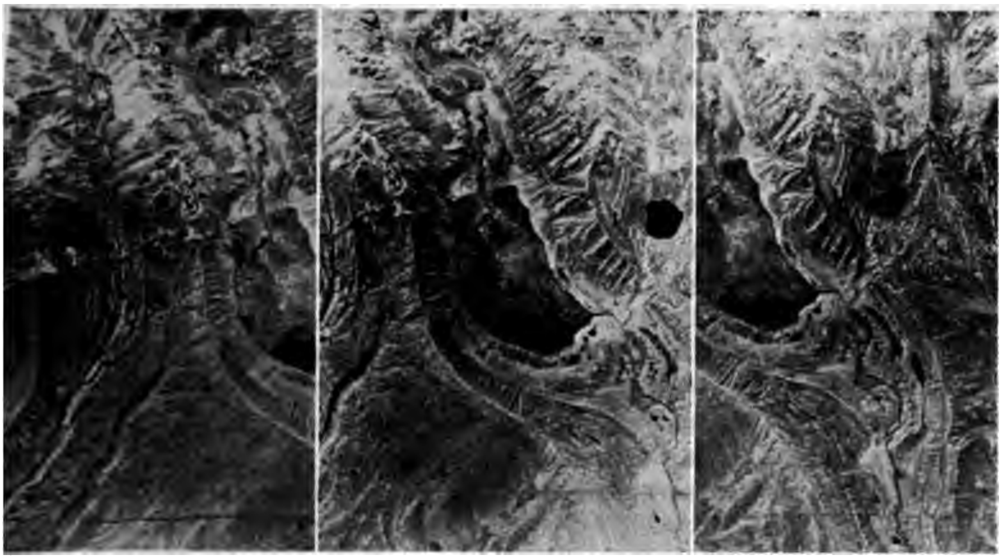


写真2　ツーコ谷を横断する低断層崖の航空写真
（ペルー軍地理局 No. 14260〜14262）



写真3　ツーコ谷のモレーンと谷底をきる低断層崖
写真左手の稜線（MC_1）上に小地溝，中央にかんがい水路，右手に沖積扇状地と
MC_2 をきる低断層崖などがみえる

ツーコ谷の山麓付近の地形学図を第12図に，航空写真および地上写真をそれぞれ写真2・3に示す。山麓の低断層崖は，M_1, M_2 およびモレーン内の谷底地形面を切断している。ここでも古い地形ほど断層による垂直変位量が大きく，第四紀末期に断層運動が累積してきたことは明らかである。

M_1 は両岸ともに2列の断層によって切断され，三角末端面の地形が明瞭である。左岸の M_1 の谷側の斜面には，M_2 の高まりがあり，それは2〜3列の低断層崖によってきられている。ここでは，M_1 の内壁に谷地形や崖錐地形が分布しており，M_2 の地形を切ったり埋めたりしているので，M_2 を切る断層変

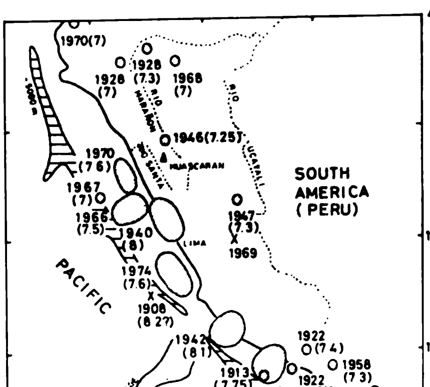
位置を計測するのは困難であった。

M_2 より新しい崖錐地形（沖積扇状地）も断層変位をうけて切断されている（第12図の F_1, F_2, F_3)。谷底には，M_1 や沖積扇状地を切る低断層崖の延長部を境にして，上流側には河岸段丘（第12図の T_1～T_3)が，下流側には広い沖積氾濫原（X）が発達している。この氾濫原は，M_2 内側の湖面を基準面として形成されているので，上流側の河岸段丘は，断層運動によって形成されたと考えられる。M_1 の稜線（MC_1）および M_2 の稜線（MC_2）と氾濫原との比高は，それぞれ約280m，130m である。

これらの地形を切る低断層崖の比高を計測して，次のような結果を得た。左岸の M_1 を変位させている2本の断層は約100m の間隔があり，M_1 稜線での低断層崖の比高は，西側の崖で39m，東側の崖で18m あり，この断層帯における垂直変位量は合計57m に達する。左岸斜面上の沖積扇状地，F_1 と F_3 との比高は14.5m である。地形的には F_3 の表面は F_1 より若い可能性があり，F_1 が断層変位をうけたあと，その下盤側に F_3 が堆積したとも考えられるので，F_1 の垂直変位量は15m より大きいかも知れない。

谷底上流側の河岸段丘面は3段あり，高位から T_1 面，T_2 面，T_3 面と呼び，現河床は下流側の氾濫原（X面）に連続する。T_1 面，T_2 面，T_3 面とX面との間の低断層崖の比高は，それぞれ6.3m，3.5m，0.8m である。上流側の河岸段丘が断層運動によって段丘化してきたならば，T_1 面が断層変位をうけたあとに T_2 面が形成され，T_1 面が段丘化した後に再び T_1 面と T_2 面とがともに断層変位をうけた。すなわち，断層運動は不連続に，繰返して活動したといえよう。下流側の氾濫原下の埋積量が問題であるが，氾濫原の基準面が著しく変化しなかったとすれば，T_1 面，T_2 面を段丘化させた断層運動の垂直変位量は，低断層崖の T_1 と T_2，T_2 と T_3 との比高差から，いずれも約3m と推定される。

M_1 の形成年代を，前述のように最終氷期最盛期（約2万年前）とすれば，M_1 形成後の平均垂直変位速度は，57m/2万年≒3m/1,000年と推算される。この値と谷底の河岸段丘面の断層垂直変位量（一回につき3m）とから，ここでも断層運動の再現期間は約1,000年とみられる。3m/1,000年という平均変位速度に基づくと，約15m 切断されている F_1 の年代は約5,000年前と推定される。F_1 は，M_2（約1.3万年前）よりやや若い M_3 をおおっているので，F_1 の5,000年前という推定年代は地形発達の順序や年代観と矛盾しない。



第13図　ペルーの大地震震源域の分布
1904～1975年で $Ms \geqq 7.0$ のもの（数字は発生年とマグニチュード），　×印 1908（8.2?）の震源域は不明

以上のように，ツーコの谷では，少なくとも約2万年前から平均して3m/1,000年の割合で，山地側が隆起する垂直変位が累積してきた。第12図に示す断層線のまがり方や，M_1 を切る低断層崖の地形，すなわち低断層崖基部に地溝状凹地があること（第12図の右岸 MC_1 に表現されている），三角末端面が断層面に一致し，断層面が南西側に急斜していることなどから，この断層は正断層と考えられる。なお，この断層においても，明瞭な横ずれは認められなかった。

V. 考　察

1）地震活動との関係

GUTENBERG and RICHTER (1954)，東京天文台編理科年表(1975, 1978)，KELLEHER (1972)などによりペルーにおける1904～1975年のマグニチュード Ms 7.0以上の大地震をえらびだし，その震源域を第13図に示す。この図をみるかぎり，コルディエラ・ブランカ断層に直接関係する歴史地震は，まだ知られていない。

最近1966年，1970年，1974年と相ついで，ペルー中部の海岸沿いに大地震がおきた。これらの震央は，いずれもペルー海溝の陸側斜面にある。ABE (1972) によれば，1966年地震は，大洋プレートと大陸プレートの間におきた逆断層型の地震であるが，1970年地震は，大洋プレート内におきた正断層型の地震である。1970年ペルー大地震の際に，ワスカラン雪山北斜面の氷河が崩壊して，ヤンガヌーコ谷からサンタ河谷にかけて山津波 (Aluvion) がおそい，ワスカラン山麓のユンガイ (Yungay) 市を吹き流すという事件がおきた (PLAFKER *et al.*, 1971；松田，1972)。しかし，この大地震にともなって，コルディエラ・ブランカ断層が動いたという証拠はない。

ペルー・アンデス山系内での歴史地震は，いずれも規模が $Ms=7.3\sim7.4$ 以下で，ペルー・チリ海溝に沿っておきている巨大地震の規模（$Ms=7.5$以上）よりかなり小さい。コルディエラ・ブランカ東斜面では，1946年 Ancash 地震（$Ms=7.25$）がおこった。この地震にともなって，マラニョン川西斜面に長さ5km以上の地表断層が現われた。断層崖の走向は N42°W，南西側落ちで，最大3.5m の縦ずれが認められた (RICHTER, 1958, p. 605)。またペルー・アンデス中部の1947年 Saipo 地震（$Ms=7.3$）は，深さ約70km で，地表での断層変位は観察されなかった (DEZA, 1971)。1969年には，その南方（第13図×印）に Parihuanca 地震（$Ms=5.6$の前震と $Ms=6.2$の本震）がおこっており，地表に断層変位が現われた。長さ約16km，走向 N30°W で，最大1.6m の北東側上りの垂直変位と，0.7m 左横ずれ変位が観察されたが，余震分布からみて地震断層の長さは少なくとも30km 以上と推定されている (DEZA, 1971；PHILIP and MEGARD, 1977)。この地震の発震機構は，走向 N28°W，北東側に70°傾く断層面に沿う北東側上りの逆断層で，左横ずれ変位を伴った (STAUDER, 1975)。STAUDER (1975) によれば，ペルー・アンデス山系では，90km までの深さで地震がおきており，それらの発震機構は，横ずれ型と逆断層型の両方があり，いずれも大陸プレート内における東西方向の水平圧縮を反映している。

コルディエラ・ブランカ断層は，地形・地質的に正断層で，コルディエラ・ブランカ付近の応力場が展張状態にあることを示している。この事は，前述の地震学的データに基づく東西方向の水平圧縮場とは，調和的でない。ペルー・アンデス山系内には活断層としてはコルディエラ・ブランカ断層がほとんど唯一のものであり，現在の地震も第13図のように余り大きくないので，水平圧縮の強さは日本列島などにくらべて小さいのであろう。また，アンデス山系も幅広いから，東西圧縮のところと東西展張のところがあってもおかしくはないだろう。

コルディエラ・ブランカ断層の活動が，平時のクリープ性変位型か，地震をともなう間歇的変位型かを判断する材料は，今のところ手元にない。もし，地震にともなって変位するとしたら，この断層の規模からみてかなりの大地震が起こると推定される。そこで，コルディエラ・ブランカ断層の一回の平均変位量を2.5m，断層面の大きさを長さ200km×幅40km と仮定し，地震モーメント Mo と地震のマグニチュード Ms を推定してみよう。

地震モーメント Mo (dyne-cm) は，地殻の剛性率 $\mu=3\times10^{11}$dyne/cm^2，断層面積 Scm^2，平均変位量を $\bar{\mathrm{D}}$ cm とすると

$$Mo=\mu S \bar{D}$$

で表わされる (AKI, 1966)。S, $\bar{\mathrm{D}}$ を上のように仮定して計算すると，コルディエラ・ブランカ断層に沿う地震の Mo は，6×10^{27}dyne-cm となる。さらに，世界中の大地震について，Mo と Ms, S と Ms の関係についてまとめた KANAMORI and ANDERSON (1975) の Fig 4，5に照らしてみると，$Mo=6\times10^{27}$ dyne-cm，S＝200×40km^2 の地震の規模は，$Ms=8$前後となる。

この推定結果によれば，ペルー・アンデス山系の内陸地震の最大規模はいずれも $Ms=7.3$級であるのにくらべて，この地震ははるかに大きい。コルディエラ・ブランカ断層が特別大きい断層であるのか，またはこの断層はその全長にわたって一回の地震で動くのではなく，いくつかの部分に分かれて動き，それぞれが $Ms=7.3$級の地震をおこすのかもしれない。III-2) で述べたように，この断層の地形的特徴が北部と南

部でことなっていることは断層が部分に分れることと関係があるかもしれない。

2) アンデス山系の隆起との関係

ペルー・アンデス山系に発達するいわゆる「プナ面」は，この山系の隆起以前に形成された侵蝕面と考えられ，「プナ面」形成後は山地の隆起にともない，河川の下刻と「プナ面」の開析が進んだ。より新しい侵蝕面が，その後の地殻運動の平静期に形成され，現在は河川の下刻期とされ，「Canyon stage」とよばれている (McLaughlin, 1924 ; Wilson *et al.*, 1967)。このように，中新世末期までに形成されたと推定される侵蝕面（プナ面）の分布高度などから，アンデス山系の隆起の主要期は鮮新世―第四紀にあると考えられてきた（例えば Wilson *et al.*, 1967)。

しかし，最近，ペルー南部やチリ北部では，火山岩類の K-Ar 年代測定が試みられ，広域に分布する侵蝕面が上部中新世に噴出した火山岩類におおわれていることがわかってきた (Audebaud *et al.*, 1973 ; Pascoff, 1977などの総説参照)。Myers (1976) は，南緯10度付近のコルディエラ・ネグラ西斜面の侵蝕面を5面に細分し，最上位のコチャパンパ面（「プナ面」に対比）を切って分布する侵蝕面群のうち，最も新しい侵蝕面が K-Ar 年代で6 m.y. 前の熔結凝灰岩におおわれていることから，この熔結凝灰岩噴出後の隆起量を750m と推定し，ペルー・アンデス山系の起伏の形成と隆起の主要期を中新世末以前であると考えた。また侵蝕面は古いものほど西方へ大きく傾斜しているので，コルディエラ・ネグラは全体として西方へ傾動しつつ，鮮新世―第四紀における山地の再隆起により，深い谷地形ができつつあるとした。

コルディエラ・ブランカ断層の第四紀における活動が，ペルー・アンデスの大起伏の形成に大きな役割をはたしてきたこと，その活動が現在も進行中であることはたしかである。コルディエラ・ブランカは，周辺の侵蝕面(海抜4200m 前後)より少なくとも2000m は高い。このことは，アンデス山系の新生代後半における全般的隆起とともに，コルディエラ・ブランカ断層に沿う差別的運動（山脈の上昇あるいは周辺の沈降）が，コルディエラ・ブランカの形成に直接関与していることを示す。また，この断層は貫入岩体の西縁をかぎり，その地形的位置はペルー・アンデス山系の広域的曲隆の頂部にあたる。

以上のことから，コルディエラ・ブランカ断層の性格について次のように考える。たぶん，中新世以来のアンデス山系の全般的隆起（広域的曲隆）の進行にしたがい，鮮新世後期，少なくとも第四紀はじめから，曲隆の頂部付近では花崗岩体の貫入時に形成された断層を利用して，正断層運動が発生し，局地的・差別的な隆起と沈降が進行しつつある。アンデス山系の広域的曲隆はアイソスタティックなものであろう。地震の発震機構から知られる弱くても広域的な東西圧縮場が山系にあることも否定できない。コルディエラ・ブランカ断層の存在から推定される展張場は，曲隆帯頂部における局地的・二次的な現象であろう。アンデス山系の隆起の時代や隆起の様式・量については，まだ十分解明されていないので，侵蝕面の形成期・形成過程とともにアンデス山系の地形発達研究の今後の課題である。

VI. ま　と　め

ペルー・アンデス山系のコルディエラ・ブランカ地域について航空写真の判読と現地調査を行ない，次のような結論を得た。

1) コルディエラ・ブランカ西麓に発達する活断層（コルディエラ・ブランカ断層）は，ペルー・アンデス山系（少なくともその中部地域）の中で，ほとんど唯一の顕著な活断層である。

2) コルディエラ・ブランカ断層の地形的特徴は，北部では明瞭な三角末端面をともなう比高の大きな断層崖で，南部では断層崖の比高が小さくなり，雁行状に配列する低断層崖である。

3) コルディエラ・ブランカ断層は，南西に急傾斜する断層面をもつ正断層である。コルディエラ・ブランカの隆起とサンタ河谷の沈降により，その断層崖の比高は最大4000m に達する。

4) ワラス市以南では，北西―南東に走る多数の低断層崖が，コルディエラ・ブランカ西麓に沿う約10km の帯の中に分布する。それぞれの低断層崖は15km より短かく，不連続で雁行状に配列する。多く

は南西側落ちであるが，北東落ちのものもあり，地溝状をなす場所がある。

5) 個々の低断層崖は，少なくとも最近2万年間は成長しつつあり，古い地形ほど断層変位量が大きく，山地側が隆起する垂直変位が累積されており，コルディエラ・ブランカの大起伏の形成と調和的な運動様式を示す。ケロッコチャ谷・ツーコ谷における最終氷期最盛期（約2万年前の M_1 モレーン形成期）以後の垂直変位量は50～60m に達し，平均垂直変位速度は，ケロッコチャ谷で2m/1.000年，ツーコ谷で3m/1.000年である。

6) この断層運動は，間歇的に活動して，一回の断層運動の際の垂直変位量はケロッコチャ谷で2m，ツーコ谷で3m で，その再現期間は約1000年と考えられる。

7) コルディエラ・ブランカ断層が，第四紀末期における変位速度と同じはやさで継続的に活動してきたとすると，過去100万年間における垂直変位量は2000～3000m に達する。この値は，コルディエラ・ブランカ西斜面の比高（最大約4000m ）が，第四紀（約200万年）内に形成されうることを示す。

8) この断層運動に直接関係した歴史地震はまだ知られていない。コルディエラ・ブランカ断層の断層面を長さ200km・幅40km，平均変位量を2.5m とし，断層全体が一度に活動するとすれば，予期される地震の規模は，地震モーメント $Mo = 6 \times 10^{27}$ dyne-cm，地震のマグニチュード $Ms = 8$ 前後と推定される。またもし断層運動がいくつかの部分に分かれておこればそれにともなう地震は現在のアンデス山系の内陸地震の最大規模 $Ms=7.3$前後であろう。

9) コルディエラ・ブランカ断層は，アンデス山系の成長をもたらした広域的曲隆の頂部に発達した正断層で，この地域に局地的な展張場が存在することを示す。

謝　辞

本研究の現地調査の費用は，昭和45年度文部省海外学術調査「環太平洋地震帯の地殻変動調査」（代表者：貝塚爽平）による。この調査に対しては，神戸大学杉村新教授，東京大学古川虎雄教授から激励とご支援をいただいた。また松田が一員として参加した1970年ペルー震災日本政府調査団には，現地での予備的調査と空中写真の購入に際してご援助をいただいた。筑波大学小野有五博士には，コルディエラ・ブランカ地域の氷河地形学図を写真判読によって作っていただき（未公表），第6図，第11図はそれに負うところが大きい。米倉が文部省在外研究員として滞在中に，カリフォルニア工科大学地震研究所 C. R. Allen 教授，フランス・ラングドック理工科大学構造地質学研究室 M. Mattauer 教授，H. Philip, B. Dalmayrac, P. Tapponier 博士らに討論していただいた。上記の方々ならびに，ペルーでの現地調査の際各種のご支援をいただいた官庁ならびに民間の多くの方々に謝意を表します。

引用文献

Abe, K. (1972) : Mechanisms and tectonic implications of the 1966 and 1970 Peru earthquakes. *Phys. Earth Planet. Int.*, **5**, 367-379.

Aki, K. (1966) : Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44**, 23-88.

Andebaud, E. *et al.* (1973) : Les traits géologiques essentiels des Andes Centrales (Pérou-Bolivie) *Rev. Géogr. Phys. Geol. Dyn.* (2), **15**, 73-114.

Bellido, E. (1969) : Sinopsis de la geologia del Perú. Boletin, **22**, Servicio de Geologia y Mineria, Perú. 54 p, Lima.

Clapperton, C. C. (1972) : The Pleistocene moraine stages of westcentral Peru. *Jour. Glaciol.*, **11**, 255-263.

Dalmayrac, B. (1974) : Un exemple de tectonique vivante ; les failles sub-actuelles du pied de la Cordillera Blanche (Pérou). *Cah. ORSTOM*, Ser. Géol., **6**, 19-27.

Deza, E. (1971) : The Pariahuanca earthquakes, Huancayo, Peru : July-October 1969, preli-

minary report. in *Recent Crustal Movements*, Bull. **9**, Royal Soc. New Zealand, 77–83.

FERNANDEZ CONCHA, J. (1957) : El problema de las lagunas de la Cordillera Blanca. *Bol. Soc. Geol. Perú*, **32**, 87–96.

GUTENBERG, B. and RICHTER, C. F. (1954) : *Seismicity of the Earth and associated phenomena*. 2nd ed., 310 p, Hafner, New York.

HAM, C. K. and HERRERA, JR, L. J. (1963) : Role of subandean fault system in tectonics of eastern Peru and Ecuador. in *Backborn of the Americas*, Memoir 2, A.A.P.G., 47–61.

HEIM, A. (1947) : Observaciones glaciológicas en la Cordillera Blanca. *Bol. Soc. Geol. Perú*, **20**, 111–117.

JENKS, W. F. (1956) : Peru, in *Handbook of South American Geology* (JENKS, W. F. ed.) Memoir 65, Geol. Soc. America, 217–247.

貝塚爽平・中村一明・町田　洋・野上道男・米倉伸之(1973) : チリ南部山麓氷河地帯のモレーンと段丘, 日本地理学会予稿集, **4**, 26–27.

KANAMORI, H. and ANDERSON, D. L. (1975) : Theoretical basis of some empirical relations in seismology. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **65**, 1073–1095.

KELLEHER, J. A. (1972) : Rupture zones of large South American earthquakes and some predictions. *Jour. Geophys. Res.*, **77**, 2087–2103.

KINZL. H. (1942) : Gletsherkundliche Begleitworte zur Karte der Cordillera Blanca (Peru). *Zeit. f. Gletscherk.*, **28**, 1–19.

KINZL, H. (1914) : Begleitworte zur Karte 1 : 100.000 der Cordillera Blanca (Peru) Südteil. *Wissenschaft. Alpenver.*, **17**, 1–48.

KINZL, H. (1970) : La glaciacion actual y Pleistocénica en Los Andes Centrales. *Bol. Soc. Geogr. Lima*, **89**, 89–101.

LLIBOUTRY, L., MORARES ARNAO, B. and SCHNEIDER, B. (1977) : Glaciological problems set by the control of dangerous lakes in Cordillera Blanca, Peru, Ⅲ., Study of moraines and mass balances at Safuna. *Jour. Glaciol.*, **18**, 275–290.

松田時彦(1972) : ユンガイ市を拭き消した大土石流, 地理, **17**(6), 45–49.

松田時彦・岡田篤正(1968) : 活断層, 第四紀研究, **7**, 188–199.

MATTAUER, M. in ABOUIN, J. et al. (1973) : De puelques problèmes géologiques et géomorphologiques de la Cordillère des Andes. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.* (2), **15**, 207–216.

MCLAUGHLIN, D. H. (1924) : Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departments of Junin and Lima. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **35**, 591–632.

MEGARD, F. and PHILIP, H. (1976) : Plio-Quaternary tectono-magmatic zonation and plate tectonics in the central Andes. *Earth Planet. Sci. Letters*, **33**, 231–238.

MERCER, J. H. (1976) : Glacial history of southernmost South America. *Quat. Res.*, **6**, 125–166.

MYERS, J. S. (1975) : Vertical crustal movements of the Andes in Petu. *Nature*, **254**(5502), 672–674.

MYERS, J. S. (1976) : Erosion surfaces and ignimbrite etuption ; measures of Andean uplift in northern Peru, *Geol. Jour.*, **11**, 29–44.

野上道男(1970) : Cordillera Real (Boivia) 山地における最終氷期以後の氷河の消長とその意義, 地理評, **43**, 338–346.

PASKOFF, R. P. (1977) : Quaternary of Chile ; the state of research. *Quat. Res.*, **8**, 2–31.

PHILIP, H. and MEGARD, F. (1977) : Structural analysis of the superficial deformation of the 1969 Pariahuanca earthquakes (Central Peru). *Tectonophysics*, **38**, 259–278.

PLAFKER, G. and ERICKSEN, G. E. (1971) : Geologic aspects of the May 31, 1970, Peru earthquake. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **61**, 543–578.

RICHTER, C. Fr. (1958) : *Elementary seismology*. 768 p. Freeman, San Francisco.

STAUDER, W. (1975) : Subduction of the Nazca plate under Peru as evidenced by focal mechanisms and by seismicity. *Jour. Geophys. Res.*, **80**, 1053–1064.

STEWART, J., EVERNDEN, J. F. and SNELLING, N. J. (1974) : Age determinations from Andean Peru ; a reconnaissance survey. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **85**, 1107–1116.

東京天文台編(1975, 1978)：理科年表(世界大地震年代表)，昭和50，53年版，丸善，東京.
WILSON, J,. REYES, L., and GARAYAR, J. (1976) : Geologia de los cuadrángulos de Mollenbamba, Tayabamba, Huaylas, Pomamba, Carhuaz y Huari. Boletin, 16, Servicio Geologia y Mineria, Perú,, 95 p, Lima.

(1978年 9 月13日受理)

地学雑誌 88, 1 (1979)

房総半島の安野層からの石灰質ナンノプランクトン化石について

前田四郎* 沢野弘* 川辺鉄哉*

On the Study of Calcareous Nannoplankton from the Anno Formation in Chiba Prefecture.

Shiro MAEDA, Hiroshi SAWANO and Tetsuya KAWABE

Abstract

In the Boso Peninsula, the Cenozoic marine strata, especially of younger Cenozoic age, are well exposed successively, and full of fossils along the Yoro, Obitsu and Minato Rivers. Although calcareous nannoplanktons are abundant in these strata, the study on them has rarely been done except by TAKAYAMA (1967), NISHIDA (1976, 77) and MAEDA and SAWANO (1978).

This study was planned in order to find out the stratigraphic distribution of the assemblages of calcareous nannoplankton from the Anno Formation along the Inokawa River, which is the uppermost tributary of the Obitsu River in the Central Boso.

Calcareous nannoplankton floras were obtained from 32 horizons as shown in Fig. 2. A total of 16 species of calcareous nannoplankton belonging to 10 genera were identified. Among calcareous nannoplankton floras, *Reticulofenestra japonica* was very abundant through the lower horizon to upper one of the formation. The lower horizon was characterized by the abundance of *R. pseudoumbilica*, *Cyclococcolithina leptopora* and *Cy. macintyrei*, and the middle horizon by existence of *R. pacifica* and *Coccolithus productus*. On the contrary, in the upper horizon, *Pseudoemiliania lacunosa* and *Gephyrocapsa caribbeanica* increased in number, while the genus of *Discoaster* decreased distinctly.

It is worthy of note that *R. pseudoumbilica* could not be seen in the uppermost horizon of the formation. Based on the remarkable facts of the first appearance of *R. pacifica*, *Ps. lacunosa* and *G. caribbeanica*, and the extinction of *Sphenolithus abies* and *R. pseudoumbilica*, the calcareous nannoplankton floras of the Anno Formation were divided into 6 assemblage zones.

Judging from the characteristics of the assemblages, it is thought that the Anno Formation was deposited from the late stage of early pliocene to middle pliocene in geologic age.

* 千葉大学理学部地学教室 Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University

I. 緒　言

房総半島には上部新生界が広く分布し，しかもほぼ連続的に発達しているため，古くから多くの地質学的研究，すなわち，層位学・生層序学・古地磁気層序学・堆積学などの分野での研究がなされてきた。特に有孔虫に基づく微化石層序学の研究はかなり精度もよく行なわれてきているが，一方，超微化石の石灰質ナンノプランクトンに基づく生層序学的研究はまだその緒についたばかりといってよい。

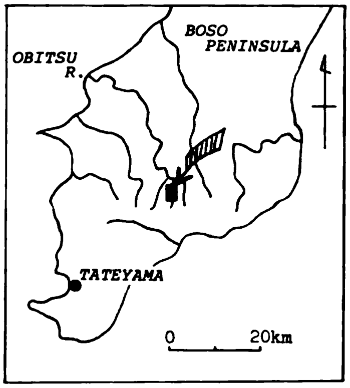
1954年に BRAMLETTE と RIEDEL とによって石灰質ナンノプランクトン化石が生層序の決定に有効であると指摘されて以来，ジュラ紀以降，現世までの化石帯が STRADNER (1963) その他により設定されており，ことに第三紀については浮遊性有孔虫におとらぬ化石帯 (MARTINI : 1971, 他) が設けられている。しかし，わが国においてはこの方面の研究がまだ少ないが，西田 (1976b, 77a) のわが国での後期新生代石灰質ナンノプランクトン化石の分帯の提案は注目に価するものとおもわれる。

筆者等はわが国の上部新生界の代表的発達地の一つと云える房総半島における石灰質ナンノプランクトン化石群集の産出状況を明らかにしたいと考え，とりあえず黒滝不整合の下位の安野層を対象として研究を行なった。そして石灰質ナンノプランクトン化石群集の解析をとおして安野層の地質時代の考察を試みた。しかし，筆者等の研究はまだ浅く，また一方，わが国における石灰質ナンノプランクトン化石の研究の進展に伴って，本文で述べる筆者等の所見に今後，修正が生ずるかも知れないが，現研究段階での研究結果をここに記述してみたい。

本研究にあたり，つねに深いご注意と走査型電子顕微鏡の使用等のご便宜をたまわった，奈良教育大学教授西田史朗博士に対して心から感謝の意を表する次第である。

II. 研究地域

本研究の対象地域は房総半島中部に位置する小櫃川上流の猪ノ川流域で，この流域には安野層の模式地があり，後述するようにこの模式地の安野層の各層準について検討した。この地域の安野層はほぼ連続的によく露出するが，猪ノ川本流では安野層の上部層準の露出の一部が不充分であるため，本層の上部層準に関しては猪ノ川本流から，一つ西の沢である瀬稲沢において猪ノ川本流の不充分な点を補い，ひとつづきの連続層序をつくり，それに基づき検討した。



第1図　研究地域

III. 猪ノ川流域の地質概要

猪ノ川流域には下位から天津層・清澄層・安野層・黒滝層・黄和田層が分布する。本文では安野層を中心として下位の清澄層および上位の黒滝層の概要にふれる。

A) 清澄層

清澄層の一般的特徴は黄褐色〜青灰色の細粒〜中粒砂岩を主体とし，泥岩を頻繁に挟むと共に，ところにより火山砕屑岩も多く挟むことである。清澄層と安野層との境界は清澄層の最上部の砂勝ちの砂岩泥岩互層から泥勝ちの砂岩泥岩互層に移り変る層準にある。このことは黒滝から南方（上流）約600m の地点で観察することができる。

本層は下位の天津層と，また上位の安野層とも共に整合関係にあり，岩相に基づき，下部・中部・上部に区分することができる。下部は厚さ１〜２ｍの砂岩と薄い泥岩との互層で，スコリア，凝灰岩を比較的多く挟む。またところにより径２〜３mm の硬質の小礫を含む。中部は比較的に薄い砂岩と泥岩との互層で，砂岩は厚さ１ｍ 以内のものが多く，スコリア，凝灰岩を含む。上部は厚さ30cm〜３ｍ の砂岩と厚さ

5 cm～30cm の泥岩との互層であり，砂岩は細粒～中粒で黄褐色から青灰色を呈し，あまり固結していない。泥岩は水にぬれた面では青灰色を，乾いた表面では淡灰色を呈す。スコリア，凝灰岩の存在は比較的に少ない。

猪ノ川最上流地域では本層は下位の天津層と共に軸を東西性にもつ背斜構造をなし，この北翼部は猪ノ川中流流域でよく観察することができる。本層の一般的走向はほぼ東西性であるが，傾斜は40°～55°N を示しかなり急傾斜で，層厚は猪ノ川流域で約350～600m と推定される。泥岩に有孔虫等の化石が比較的よくみられる。

B）安野層

安野層は一般に砂岩・泥岩の互層で特徴づけられ，岩相の横の変化は房総半島中部ではあまり著しくないが，しかし半島の西域，すなわち湊川以西では火山砕屑岩相に変化し，これは萩生(はぎう)火砕岩層と呼ばれる。

安野層の多くの層準に火山砕屑岩が挟まれ，そのうちのいくつかはよく連続し，鍵層として非常に有効である。大原・高橋（1975）によると重要な鍵層として AN1～AN7 が指摘されているが，これらは猪ノ川流域付近に明瞭に認めることができる。

猪ノ川流域における安野層の岩相は砂岩・泥岩の互層ではあるが，全体として泥勝ちである。本層は岩相に基づき下位から下部・中部・上部の3部層に区分される。下部層は青灰色～暗灰色の泥岩で，そのなかに黄褐色～青灰色の細粒の砂岩の薄層を挟み，火山砕屑岩はあまり挟まれていない。中部層は細粒砂岩と泥岩との互層であり，火山砕屑岩としては軽石・スコリア・ゴマシオ状凝灰岩等が多く挟まれる。上部層はやや砂勝ちの砂岩・泥岩の互層であり，砂岩は細粒～粗粒で，泥岩は暗灰色を呈し，砂質となる。火山砕屑岩はスコリアがかなり多くを占める。岩相の垂直的変化および火山砕屑岩鍵層の層準を第2図に示す。

安野層は黒滝不整合の形成に伴う侵食をかなり大きく受けたとみられ，場所によって層厚に変化が認められ，東部（太平洋側）へ行くにしたがって次第に層厚を減じ，鵜原西方で消滅する。猪ノ川流域の安野層は層厚が約320m で，北側に傾いた同斜構造をなし，走向は N75°W～N85°W を，傾斜は30°～40°N を示す。

C）黒滝層

上総層群最下部の黒滝層は不整合関係をもって下位の安野層をおおう。本層は房総半島西部地域では十宮(とみや)層・竹岡層にほぼ相当し，房総半島東部地域では野々塚層とも呼ばれる（小池：1951）。猪ノ川流域の本層は黒灰色の中粒～粗粒凝灰質砂岩を主体とし，スコリア・ゴマシオ状凝灰岩などからなる火山砕屑物を多くの層準に挟む。黒滝不整合直上の基底部には安山岩質凝灰質砂岩や中・古生界から由来したとおもわれる硬質砂岩，チャート等からなる礫岩がある。模式地の猪ノ川流域の黒滝付近では層厚が約25m と推測され，走向は N80°W～N85°W，傾斜は25°N を示す。

IV．房総半島における石灰質ナンノプランクトン化石の保存状況

われわれの短い経験からすれば房総半島の新第三系およびこれより若い諸層はいずれも石灰質ナンノプランクトンをよく産出するので，房総半島は当化石の研究には極めて好適のフィールドであると考えられる。すなわち養老川・小櫃川・小糸川の諸流域や銚子地域等の第三紀以降の海成層は連続的に発達し，石灰質ナンノプランクトンをよく保存しているため，連続的な資料を採集することができる。特に有孔虫・二枚貝化石等の存在する堆積物中にはほとんど必ず石灰質ナンノプランクトン化石が含まれるといってよい。清澄層以下の諸層のものは安野層から上位の諸層のものに比して保存状況が若干わるいようである。佐久間層の数地点について石灰質ナンノプランクトン化石の存否を明らかにしたいと考え検討したが，数地点での検討した試料中にはいずれも概して含まれる量と種類とが少なかった。佐久間層中の石灰質ナンノプランクトンの保存状況についてはさらに注意を払い検討を要するとおもわれる。銚子地域では名洗(なあらい)層を

はじめその上位の諸層では保存が極めて良好である。特に名洗層の海緑石層中や泥岩層中のものは保存が極めてよいといってよい（前田・川辺・小林：1978）。

V. 研究方法

A） 試料の採集

試料の採集にあたっては主に泥岩から採集したが，上部層準では砂質泥岩からも採集した。採集した層準の間隔は10mごとを基準としたが，一定はしておらない。また火砕鍵層 AN 1～AN 7の直下の層準では採集するようにした。採集した層準は第2図に示してある。

B） 試料の処理

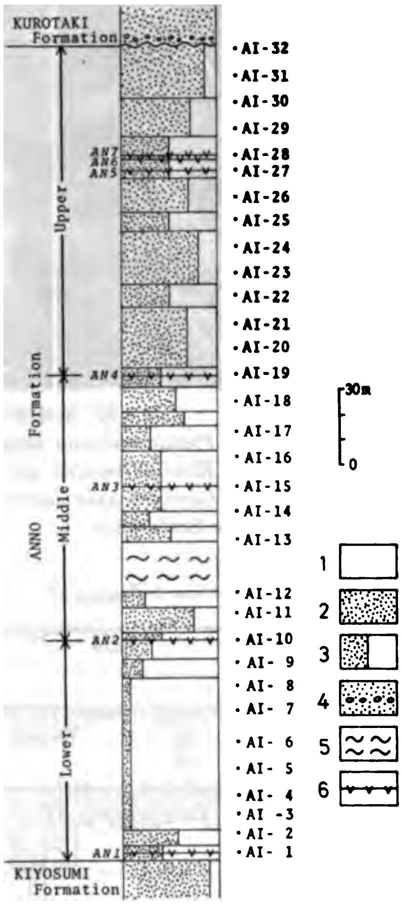
試料の処理にあたってはおおよそ西田(1975)の方法にしたがい次のように行なった。野外で採集した試料を乳鉢を用いて粉砕し，それを約10%の KOH 溶液に一昼夜ぐらい浸し，次に遠心分離機を使用して，KOH を除去し，石灰質ナンノプランクトン化石より粗い鉱物等の粒子やより細粒の粘土鉱物などを除いて，石灰質ナンノプランクトン化石を濃集し，そしてその濃集した液をポリビンに保存した。

濃集した試料を光学顕微鏡下で観察する場合には，カバーグラスの上に濃集した試料の液を滴下し，乾燥させ，セダックスまたはカナダバルサムにて封入して用いた。

走査型電子顕微鏡下で観察する場合には，5～10mm四方のガラス小片に濃集した液を滴下し，乾燥させ，両面テープで試料台の上に接着させ，次に真空蒸着装置を用いて金蒸着をした。

C） 試料の観察

試料の観察は主として走査型電子顕微鏡を使用し，補助として光学顕微鏡を用いた。なお1層準の試料について200～300個の化石を同定し，計数した。



第2図　猪ノ川流域の安野層の地質柱状図
1：泥岩，2：砂岩，3：砂泥互層，4：礫岩，5：異常堆積層，6：火砕鍵層
AN-1～7（大原，高橋：1975による）
AI-1～AI-32：試料採集層準

VI. 生層序

A） 石灰質ナンノプランクトン化石群集

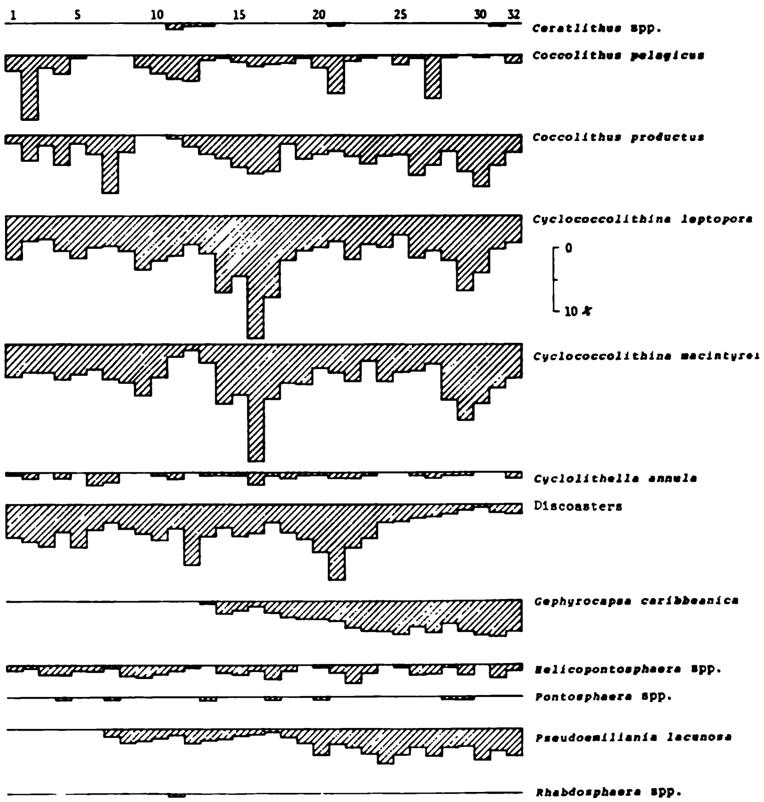
前述のように猪ノ川流域の安野層の32層準からそれぞれ試料を採集し，1試料から200～300個の石灰質ナンノプランクトン化石を同定し，計数した。各層準ごとに試料中に含まれる構成種の百分率組成を第4，5図に示した。第4図での discoasters は *Discoaster brouweri* Tan Sin Hok, *Discoaster pentaradiatus* Bramlette & Riedel, *Discoaster surculus* Martini & Bramlette の3種以外の種はほとんど含まれていないので，また上記の3種の個々の産出はあまり多くなかったため一括して示した。また石灰質ナンノプランクトン化石とされている *Thoracosphaera* は産出してはいたが本研究ではこれを除いて扱った。

安野層の石灰質ナンノプランクトン化石群集は全体としては大きな組成の変化はないが，下部・中部・上部でやや異なる。安野層は *Reticulofenestra japonica* (Nishida) の優占度が極めて大きく，圧倒的

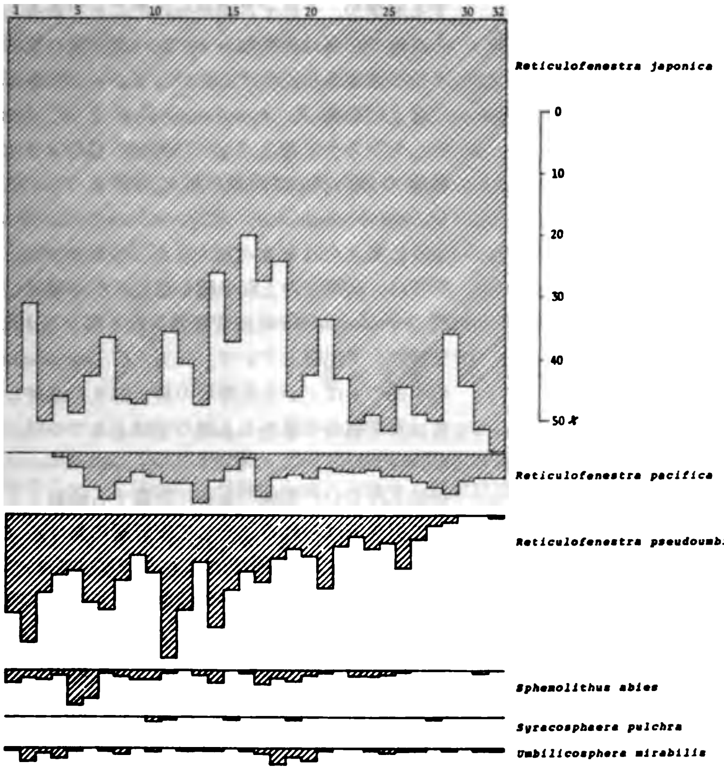


第3図　安野層産の主な石灰質ナンノプランクトン

1 : *Pseudoemiliania lacunosa* (KAMPTNER), Proximal view
2 : *Reticulofenestra japonica* (NISHIDA), Coccosphere
3 : *Gephyrocapsa caribbeanica* BOUDEREAUX & HAY, Distal view
Bar Scale = 1 μ.

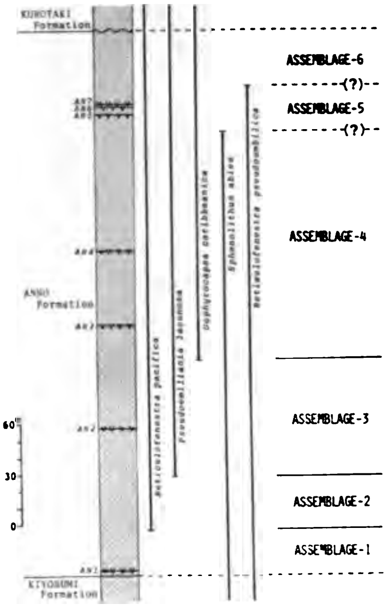


第4図　安野層産石灰質ナンノプランクトン化石種の百分率構成（第5図に続く）
1〜32：採集試料番号（第2図の AI-1から AI-32に一致する）



第5図　安野層産石灰質ナンノプランクトン化石種の百分率構成
1〜32：採集試料番号（第2図の AI-1から AI-32に一致する）

産することによって特徴づけられ，この種の優占度は全層準にわたりおよそ50%〜60%を占める。こ
は西太平洋中緯度地域の鮮新〜更新統で多産し，その他の地域では一部に報告があるが数%を越えて
いらしい（西田，1977b）。*R. japonica* に次いで比較的に多く産出する種は下部・中部・上部におい
いぞれ若干の差違がみられる（第2，4・5図参照）。
部では *Reticulofenestra pseudoumbilica* (GARTNER) が *R. japonica* に次いで多産し，およそ
ぐらいを占める。次いで *Cyclococcolithina leptopora* (MURRAY & BLACKMAN), *Cpclococcoli-*
macintyrei (BUKRY & BRAMLETTE) が多く，それはおよそ5%前後である。discoasters は個
量では数%程度であるが，全体では5%程度を示す。
部では *R. pseudoumbilica* が *R. japonica* に次いで多産し，次いで *Cy. leptopola*, *Cy. macin-*
, discoasters が多い。このような産出状況は下部と同様であるが，*R. pacifica* NISHIDA や *Co-*
thus productus KAMPTNER が約5%程度みられる。
部では *Cy. leptopora* と *Cy. macintyrei* が *R. japonica* に次いで多産し，*R. pacifica* と *C.*
uctus も共に中部とほぼ同程度みられ，*Pseudoemiliania lacunosa* (KAMPTNER) と *Gephyrocapsa*
beanica BOUDREAUX & HAY も中部より産出が増加してくる。その一方で *R. pseudoumbilica* と
asters は減少し，なお，最上部層準では *R. pseudoumbilica* はほとんど産出しないようである（第
6図参照)。
こで注目されることは安野層中に下位より順次 *R. pacifica*, *Ps. lacunosa*, *G. caribbeanica* の出現



第６図　安野層の化石群集区分(1〜6)，第２図（柱状図）参照のこと

する層準が，それぞれ認められたことである。そしてこれら３種の出現は従来知られていた出現の層準よりも恐らく下位の層準から出現するといってよいことが認められた。たとえば従来 *R. pseudoumbilica* と *P. lacunosa* とは共存しないように考えられていたが (MARTINI：1971)，安野層の産出状況は両者が共に産出している。また従来 *G. caribbeanica* と *R. pseudoumbilica* とは共存しないように考えられてきているが (GARTNER：1977，西田：1977c)，安野層の上記２種の産出状況を検討してみると，*R. pseudoumbilica* は安野層の最下部から上部の中ほどまで連続して出現していて，一方，*G. caribbeanica* は安野層の中部の中ほどから安野層の最上部まで連続して出現し，両者は安野層の中部から上部の中ほどまでの間，共存している（第６図参照）。この事実から *G. caribbeanica* の出現が従来知られていた同種の最初に出現する時期よりかなり下位にまで引き下げられる。そして安野層における *G. caribbeanica* の最初の出現層準はこれまでに知られていたこと（西田：1977c）よりさらに下位層準であることが明白となった。なお *Sphenolithus abies* DEFLANDRE と *R. pseudoumbilica* との消滅する層準についても安野層の上部において認められるようであるが，今後一層の精密な調査が必要とおもわれる。

B）　地質時代の考察

安野層産石灰質ナンノプランクトン化石群集を種の構成上の特徴に基づき区分するに当り，次の５つの事実を基準とした。すなわちその基準としたことは下位から *R. pacifica* の出現，*Ps. lacunosa* の出現，*G. caribbeanica* の出現，*Sph. abies* の消滅，*R. pseudoumbilica* の消滅である。これらの事実に基づき安野層産石灰質ナンノプランクトン化石群集を下位から化石群集-1〜化石群集-6までに一応，区分した（第６図参照）。

これらの化石群集をこれまでに NISHIDA (1977a) により明らかにされている化石帯と比較すると化石群集-1，-2，-3はそれぞれ NISHIDA (1977a) の *R. pseudoumbilica* Zone の Subzone Ⅱ，Ⅲ，Ⅳに相当し，化石群集-4，-5，-6は同じく NISHIDA (1977a) の *R. japonica* Zone の Subzone Ⅰ に含まれる。またこれまで一応標準化石帯と考えられている MARTINI の分帯に比較すると，化石群集-1は同分帯の NN 14の上半部に，化石群集-2と-3とは NN 15に，化石群集-4，-5，-6は NN 16に相当すると考えられる。さらにこれを浮遊性有孔虫化石に基づく BLOW (1969) の化石帯に関連づけて考察すると安野層はN19の上半からN20にわたるようにおもわれる。

以上の石灰質ナンノプランクトン化石の産出状況からみて，安野層の地質時代は初期鮮新世の末期から中期鮮新世頃にあたるもののようにおもわれる。

VII. 結　言

本研究によって得られた結果を要約すると次のようになる。

1）　安野層は石灰質ナンノプランクトン化石を多く産出し，保存も良好である。

2）　安野層の石灰質ナンノプランクトン化石群集は *Reticulofenestra japonica* の優占度が極めて著し

い。

3) 安野層において下位から *Reticulofenestra pacifica* の出現，*Pseudoemiliania lacunosa* の出現，*Gephyrocapsa caribbeanica* の出現，*Sphenolithus abies* の消滅，*Reticulofenestra pseudoumbilica* の消滅が認められた。このうち *R. pacifica*, *Ps. lacunosa*, *G. caribbeanica* の3種の出現の層準は従来知られていた層準よりも下位の層準から認められ，特に *G. caribbeanica* の出現の層準は注目される。

4) 上記の5層準を基準として安野層を下位から化石群集-1～化石群集-6までに区分した。

5) 安野層の地質時代については，discoasters の産出と *Gephyrocapsa oceanica* の全く産出しない事実により第三紀に所属することは確かであるが，*R. pseudoumbilica*, *R. japonica*, *R. pacifica*, *Ps. lacunosa*, *G. caribbeanica*, *Sph. abies*, *D. brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. surculus* などが産出することから判断して，おそらく初期鮮新世の末期から中期鮮新世頃に相当するものとおもわれる。

参考文献

房総団体研究グループ(1964)：黒滝不整合における削剥量とその意義．地質雑，**70**，88-99.

房総研究グループ(1957)：房総半島新生代層群の地史区分．有孔虫，7，32-37.

房総・三浦研究グループ(1958)：房総半島並に三浦半島新生代地層群の浮遊性有孔虫化石による対比．有孔虫，**9**，34-39.

BRAMLETTE, M. N. & RIEDEL, W. R. (1954) : Stratigraphic value of Discoaster and other microfossils related to recent Coccolithophores. *Jour. Pal.*, **28**, 384-403, pls 38-39.

BUKRY, D. (1971) : Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean. *Tran. San Diego Soc. Nat. Hist.*, **16**(4), 303-328.

——(1973) : Low-latitude Coccolith biostratigraphic zonation. *Initial Rept. Deep Sea Drilling Project*, **15**, 685-703.

ERICSON, D. B., M. EWING & G. WOLLIN (1963) : Pliocene-Pleistocene boundary in deep-sea. *Science*, **139**, 727-737.

GARTNER, S. (1972) : Late Pleistocene calcareous nannofossils in the Caribbean and their interoceanic correlation. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 12, 169-191.

——(1973) : Absolute chronology of the Late Neogene nannofossil succession in the equatorial Pacific. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **84**, 2021-2033.

——& C. EMILIANI (1976) : Nannofossil biostratigraphy and climatic stages of Pleistocene Brunhes Epoch. *AAPG. Bull.*, **60**, 1562-1564.

——(1977) : Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Mar. Micropaleontology*, **2**, 1-25.

HAY, W. W. et al. (1967) : Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean Antillean Area and transoceanic correlation. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, **17**, 428-459.

飯島　東・池谷仙之(1976)：千葉演習林の地質．東大農学部演習林，**20**，1-83.

KIMURA K. (1974) : Magnetic stratigraphy of late Cenozoic sedimentary sections in Boso Peninsula, Niigata area, and Oga Peninsula, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **80**, 579-592.

小池　清(1949)：房総半島中部の地質（II）．東大立地研報，**3**，1-6.

——(1951)：いわゆる黒滝不整合について．地質雑，**57**(667)，143-156.

——(1957)：南関東の地質構造発達史．地球科学，**34**，1-17.

MAEDA, S. & H. SAWANO (1977) : Calcareous nannoplankton from the Anno and Kiwada Formations in the Boso Peninsula, Chiba Prefecture (Preliminary report). *Bull. Choshi Marine Lab., Chiba Univ.*, **10**, 43-59.

前田四郎・川辺鉄哉・小林博明(1978)：銚子半島・名洗層下部産石灰質ナンノプランクトン化石について．理科教育研究，**17**(5)，9-10.

MARTINI, E. & T. WORSLEY (1970) : Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, **225**, 289-290.

——(1971) : Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. in FARI-

NACCI, A. (Ed.) : *Proc. II Plankton Confer. Roma*, 1970, 739-785.
三梨　昂(1973) : 南関東・新潟地区における中新世から洪積世にいたる堆積盆地の変遷. 地球科学, **27**(2-3), 48-65.
MITSUNASHI, T., H. NAKAGAWA & Y. SUZUKI (Ed.) (1976) : Boso Peninsula. Guide Book for Excursion 2(1stCPNS), 82 p.
中川久夫・新妻信明・早坂　功(1969) : 房総半島新生代地磁気編年. 地質雑, **75**, 267-281.
新妻信明(1976) : 房総半島における古地磁気層位学. 地質雑, **82**, 163-181.
西田史朗(1975) : 超微化石と走査型電子顕微鏡. 大阪微化石研究会機関紙, 3 号, 1-15.
——(1976a) : 太平洋側と日本海側の上部新生界の石灰質超微化石. 総研連絡紙「北陸地方の新第三系の対比と編年」, 52-57.
NISHIDA, S. (1976b) : Late Cenozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy in Japan. *Abstr. Pap., lst-CPNS*, 159-162.
——(1977a) : Late Cenozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy, Pacific Coast, Central and Southwest Japan (MS).
西田史朗(1977b) : 琉球列島上部新生界の石灰質超微化石層序. 海洋科学, **9**, 525-529.
——(1977c) : : 南関東下部更新統の石灰質超微化石層序. 奈良教育大紀要, **26**(2), 19-38.
尾田太良(1975) : 浮遊性有孔虫化石からみた房総半島上部新生界の古地磁気記録の時代的解釈. 地質雑, **81**, 645-647.
大原　隆・高橋裕平(1975) : 黒滝層の貝化石と安野層の火山砕屑岩(予報). 千葉大教養部研報, B-8, 115-129.
RIEDEL, W. R., M. N. BRAMLETTE & F. L. PARKER (1963) : "Pliocene-Pleistocene" boundary in deep-sea sediments, *Science*, **140**, 1238-1240.
STRADNER, H. (1963) : New Contributions to Mesozoic stratigraphy by means of nannofossils. *Sixth world Petroleum Congress*, Frankfurt. Sect. 1, paper 4, 167-183.
TAKAYAMA, T. (1967) : First report on nannoplankton of the Upper Tertiary and Quaternary of the Southern Kwanto region, Japan. *Jb. Geol. B. A.*, **110**, 169-198.
高山俊明(1973) : 本邦新生界最上部における石灰質ナンノプランクトン化石の分布について. 地質学論集, 8, 45-63.
徳橋秀一・岩脇丈夫(1975) : フリッシュ型砂泥互層の面的単層解析. 地球科学, **29**, 222—274.

(1978年10月17日受理)

地学雑誌 88, 1 (1979)

志摩半島東部に分布する上部ジュラ系今浦層群産出の珊瑚化石について (第1報)

山際延夫* 鳴橋憲一* 辻井安喜**
藤田孝子*** 和田朋子****

Corals from the Upper Jurassic Imaura group in the eastern part of the Shima Peninsula

Nobuo YAMAGIWA, Kenichi NARUHASHI, Yasuki TSUJII,
Takako FUJITA and Tomoko WADA

Abstract

Recently, many corals were collected by the writers from the Imaura Group in the eastern part of the Shima Peninsula. This Group geotectonically belongs to the southern subbelt of the Chichibu belt. It is bounded on the north by the Middle to Upper Permian Aonomine Group and on the south by the Tsuiji Group probably correlated with the Konose Group in Kyushu. These Groups are in contact with each other by faults.

The Imaura Group (10~220 m+ thick) trends ENE-WSW and dips northward of about 50~60 degrees; mainly composed of sandstone, mudstone and alternations of sandstone & mudstone, occasionally intercalating grey limestone lenses.

The limestone lenses in the Imaura Group yield 46 coral species including 9 new species as shown in Table 2. The coral assemblage listed in Table 2 is very similar to those of the Upper Jurassic in the outer zone of Southwest Japan, Kwanto massif and Soma area. This datum does not conflict with the evidence from the Torinosu type pelecypod assemblage in this Group.

I. はじめに

筆者等は1976年以来，志摩半島東部に分布する上部ジュラ系今浦層群産出の珊瑚化石を研究してきたが，このたび，研究結果がまとまったので，ここにその成果を報告する。なお，記載研究は第2報として程詳細に報告する予定である。

II. 地質概略

志摩半島東部に分布する中・古生界は，山際 (1957) および山際・坂(1967)によって詳しくまとめられている。山際・坂の論文を骨子として，その後得られたデーター (山際，1969；YAMAGIWA & SAKA,

* 大阪教育大学地学教室 Osaka Kyoiku University
** 大阪府立布施北高等学校 Fusekita Senior High School, Osaka Prefecture
*** 茨木市立沢池小学校 Sawaike Primary School, Ibaraki City
**** 大阪市立瓜破東小学校 Uriwari higashi Primary School, Osaka City

第1表　地質分布

北↑

御荷鉾系　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　御荷鉾累帯

――――――御荷鉾線――――――

河内層群…………下部二畳系（*Pseudoschwagerina* 帯）　　　北

――――――断　層

白木層群…………中部二畳系（*Neoschwagerina* 帯）　　　　帯

――――――安楽島―五ケ所構造線（蛇紋岩迸入）――――――

松尾層群安楽島帯……下部白亜系　　　　　　　　　　　　　　秩

――――――断　層（蛇紋岩迸入）

青峰層群二地帯………上部二畳系（*Yabeina* 帯）

――――――断　層

松尾層群白根崎帯……下部白亜系

――――――断　層　　　　　　　　　　　　　　　　　　　中　父

砥谷層群…………時代未詳古生界

（蛇紋岩迸入）

――断　層　　鳥羽層群……上部古生界（*Lepidolina*）帯

（蛇紋岩迸入）

松尾層群松尾帯………下部白亜系　　　　　　　　　　　　　　累

――――――断　層（蛇紋岩迸入）　　　　　　　　　　　帯

今浦層群相当層[1]……上部ジュラ系？

――――――断　層（蛇紋岩迸入）

青峰層群青峰帯………中部―上部二畳系

（*Neorchwagerina* 帯―*Yabeina* 帯）　　　　　　　　　　　　帯

――断　層　　堀切層群[2]……中部石炭系（*Fusulinella* 帯）

今浦層群…………上部ジュラ系

――――――断　層（蛇紋岩迸入）　　　　　　　　　　　南

築地層群…………（九州の神瀬層群に対比される可能性がある）　帯

仏像線

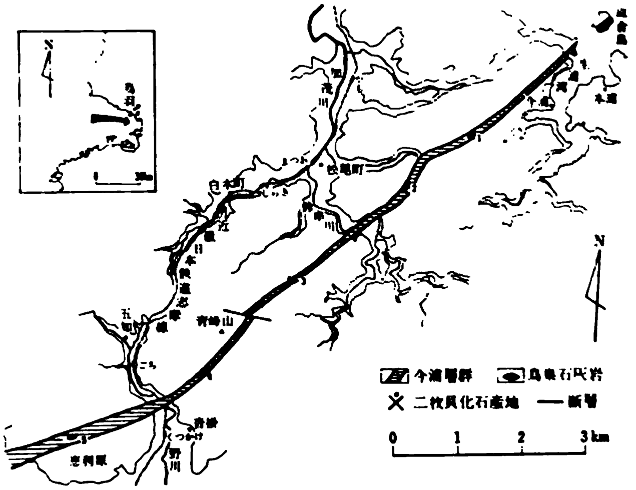
的矢層群…………時代未詳中生界　　　　　　　　　　　　　　四万十累帯

南

1) かつて，山際・坂(1967)は秩父累帯の中帯に位置し，西北側が下部白亜系松尾層群松尾帯と，東南側が中部～上部二畳系青峰層群青峰帯と断層で接する地層を今浦層群相当層としたが，その後の筆者等の研究で，地質時代，層序および地質構造等，いろいろと問題が生じてきた。しかし，山際・坂(1967, p. 24)は同層中の青峰層群青峰帯との断層沿いの泥岩から鳥巣型二枚貝化石 *Nuculana* (*Praesaccella*) cf. *yatsushiroensis* を発見しているので，同層の一部に少なくとも上部ジュラ系が存在することはまちがいない。ここでは，そのまま今浦層群相当層として報告しておくが，後程問題が解決しだい詳しい報告を行なう予定である。

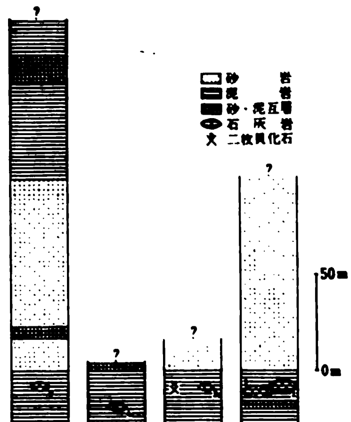
2) 鳥羽市松尾町畔蛸南方の青峰橋付近では，青峰層群青峰帯と今浦層群間の断層に沿って堀切層群がはさみこまれているが，今回の調査で同地域に，化石の証拠は現在のところ見つかっていないが岩相的にいって中生代の可能性のある地層が堀切層群と同じくはさみこまれているのを観察した。このデーターは後程詳細に報告する予定である。

藤・坂・岩橋・杉田，1976）を加えて作製した同地域中・古生界の分布は第1表のようになる。
に分布する上部ジュラ系今浦層群は，東端部の麻倉島から今浦，青峰山南斜面を経て，恵利原北部にかけて東北東—西南西の細長い帯状をして分布している。さらにその西南西延長は志摩半島勢町泉に達している。今浦層群は秩父累帯南帯に位置し，走向は東北東—西南西で，西北方に傾斜した単斜構造をしている。西北側は断層で秩父累帯中帯の中部—上部二畳系青峰層群青峰帯東南側は同じく断層で秩父累帯南帯の築地層群と接している。なお，鳥羽市松尾部落南方青峰橋青峰層群青峰帯と今浦層群断層に中部石炭系堀切層群お界？がはさみこまれている様される(註2参照)。また，最・坂・岩橋・杉田(1976)の研ば，築地層群は九州の神瀬層四国の三宝山層群に対比され



第1図　志摩半島東部における今浦層群分布図

今浦層群は南北とも断層でかつ分布の幅がせまいので擾が著しい。層厚は約10m～ある。主として砂岩，泥岩お・泥岩互層からなり，石灰岩ズをはさみこんでいる。石灰色のいわゆる鳥巣石灰岩で，っており，珊瑚および層孔虫んでいる。石灰岩の小レンズ泥岩層中に存在するが，青峰山東南斜面の松尾口青峰山新沿いの同泥岩層からは鳥巣型二枚貝をはじめとし，ウニ，アト等の化石の産出が知られている(第1図，第2図参照)。



第2図　今浦層群柱状図

III. 今浦層群の研究史

島においてはじめて上部ジュラ系鳥巣層群の存在を報告し塚 (1928) である。飯塚は七万五千分の一鳥羽図幅並びにの中で，青峰山を含め，その東北東および西南西にかけて頁岩およびチャートを含む地層を松尾層と名付け，これを巣層群に対比した。飯塚の研究直後に，水郡・大塚(1928)の松尾層分布地域に相当する青峰山沓掛登山道の北側小渓会郡泉村（現南勢町泉）東北東の渓谷から石灰岩を発見石灰岩から六射珊瑚化石 *Aplosmilia* sp. ?, *Stylina* sp., *hyllia* sp. ? および層孔虫化石 *Myriopora* sp. のほかに有孔虫およびキダリスの棘の産出を報告し，同石灰岩が岩であることを確認した。水郡・大塚の研究および時を

藤 (1969) は，かって青峰山西南麓に分布する築地層群南縁部に *Yabeina* sp. indet. その他の孔虫化石をふくむ石灰岩レンズを報告した。その後の筆者等の研究によると，その石灰岩レンズ築地層群とその南方の四万十累帯に分布する時代未詳中生界的矢層群の間の仏像線にはさみこまている可能性が考えられている。現在，筆者等はその付近の地質を研究中であるが，結論がでしい，詳細にその研究結果を報告する予定である。

同じくした大塚(1928)の研究によれば，飯塚の松尾層は鳥巣層群および下部白亜系領石層群に区分され，各々断層で境されている[4]。

小沢 (1930) は加藤・杉 (1927)，飯塚 (1928) および大塚 (1928) の論文を参考にして鳥羽地域の地質構造を論じているが，小沢は青峰山北側に分布する上部古生界が鳥巣層群の上に押し被さっており，青峰山頂に横たわるチャートおよび恵利原の西北西，日向郷付近のチャートは，鳥巣層群の上に押し被せた上部古生界のクリッペであると述べている。

藤本 (1942) は青峰山西南山腹の水郡・大塚(1928)の発見した石灰岩から，床板珊瑚化石 *Chaetetopsis crinita* を報告し，鳥巣石灰岩であることを再確認した。また，新たに加茂村（現鳥羽市）松尾部落の東方，広谷口，瀬戸谷において石灰岩を発見し，層孔虫化石 *Stromatopora delicata, S. memoria-naumanni* および六射珊瑚化石を報告し，同石灰岩も鳥巣石灰岩であることを述べている。そしてこれらの石灰岩を含むこの地域の鳥巣層群は，砂岩，泥岩のほかにチャートを良く随伴しているので，蔵田 (1940〜1941) による鳥巣層群の模式地とは異なり，吾桑相とした鳥巣層群に良く類似していることを報告している。なお，藤本は青峰山に分布する2つの石灰岩露頭からボウスイ虫化石を発見し，これを証拠に小沢のクリッペ説を支持した。

小林 (1951) は安楽島から五ケ所にかけて存在する構造線（山際，1957，および山際・坂，1967，による安楽島―五ケ所構造線）を仏像線の延長と考え，したがってこの構造線以南に分布する鳥巣層群は四万十帯に属し，四国の西川層に対比できると考えた。

松下 (1952) は青峰山付近を調査したが，同地域は主として古生層からなり，鳥巣層群は古生層中にサンドイッチ状にはさみこまれていると結論し，クリッペの存在を否定した。

その後，山際 (1957) および山際・坂 (1967) によって志摩半島東部に分布する中・古生界が詳しく研究された。山際・坂の研究結果の詳細は松下 (1971) によって引用されている。山際・坂およびその後得られた資料（山際，1969；YAMAGIWA & SAKA, 1972；山際・坂・岩橋・杉田，1976）によれば，飯塚 (1928) による松尾層分布地域は秩父累帯中・南帯に属し，中部石炭系堀切層群，中部―上部二畳系青峰層群（青峰帯および二地帯），上部二畳系鳥羽層群，時代未詳古生界砥谷層群，九州の神瀬層群に対比される可能性のある築地層群，上部ジュラ系今浦層群および今浦層群相当層（註1参照），下部白亜系松尾層群（安楽島帯，白根崎帯および松尾帯）が，複雑なサンドイッチ構造をして配列している（第1表参照）。なお，山際・坂は松下と同様，クリッペ説を否定している。

山際 (1957) は志摩半島に分布する鳥巣層群を今浦層と命名したが，その後，山際・坂 (1967) により，今浦層群と改称された。山際は同層群分布地域の今浦部落西方，青峰山東南斜面および恵利原部落北方の広ノ谷から鳥巣石灰岩を発見し，それらの石灰岩から六射珊瑚および層孔虫化石の産出を報告した。さらに山際・坂は青峰山東南斜面の松尾口青峰山新登山道路沿いの同層群中の泥岩から下記のような多数の鳥巣型二枚貝および数個のウニの化石を発見した。その他多数のキダリスの棘の化石および保存は悪いが1個のアンモナイトの化石も採集した。

二枚貝：*Gramatodon takiensis, Myophorella (Haidaia)* sp., *Opis (Trigonopis) torinosuensis, Nuculana (Dacryomya) stenodolichos, "Aequipecten" kotsubu*

ウ　ニ：*Enallaster* cf. *nexilis, Salenia* ? sp.

上記の鳥巣型二枚貝化石からいって，今浦層群は四国の鳥巣層群に対比され，その時代は後期ジュラ紀と考えられた。

4)　すでに佐藤 (1917) は飯塚の松尾層分布地域の加茂村（現鳥羽市）介石山から貝化石および領石型植物化石を発見し，同地域に領石層群が存在していることを報告している。

今浦層群から産出する珊瑚化石について

はこのたび，志摩半島東部の今浦層群中に
5つの鳥巣石灰岩露頭から多数の珊瑚化石
た。室内研究の結果，第2表に示したよう
珊瑚化石8属2亜属4種（その中，新種9
板珊瑚化石2属2種を鑑定したのでここに
。

.：この石灰岩は鳥羽市浦村町今浦部落西
藤(1957)によって発見されたものである。
灰岩からは，六射珊瑚化石 *Thamnasteria*
, *Isastrea* cf. *yuraensis*, *Stylina* (*Stylina*)
および床板珊瑚化石 *Chaetetopsis crinita*
に産出する。*Thamnasteria haradai* は東
市の上部ジュラ系鳥巣層群から EGUCHI
よって報告されている[5]。*Stylina* (*Stylina*)
は，佐川盆地に分布する中部ジュラ系七
よび上部ジュラ系鳥巣層群(YAMAGIWA,
II & MIYATA, 1976)，球磨地域の上部ジュ
層 (EGUCHI, 1951) および湯浅地域の下
有田層 (EGUCHI, 1951) から知られてい
種は，最近山際およびその協力者(未発表)
伊の上部ジュラ系由良層から採集された。
cf. *yuraensis* は，EGUCHI (1951) によっ
れた紀伊の由良層から産出する *I. yura-*
非常に良く類似している。*Chaetetopsis*
は佐川盆地の鳥巣層群から報告されている
AYR in NAUMAN & NEUMAYR, 1890)。
の種は，最近山際およびその協力者（未発
って由良層から発見されると共に，志摩半
南勢町泉に分布する今浦層群西南西延長部
・塚本・大矢・海野（印刷中）によって採
。

2：この石灰岩は鳥羽市松尾町松尾部落東
口，瀬戸谷に存在し，かって藤本 (1942)
発見されたものである。この石灰岩から
射珊瑚化石 *Thamnasteria haradai*, *T.*
oi, *Dimorpharea tosaensis* および *Isastrea*
が特徴的に産出する．*Thamnasteria huzi-*

較検討に使用した資料は，今日までに記載
告されたものおよび山際およびその協力者
よって研究されたものに限定した。

第 2 表

六射珊瑚	1	2	3	4	5
Aplosmilia somaensis				○	
A. tookikuboensis				○	
A. n. sp.				○	
A. spp.					○
Actinaraea spp.	○				
Calamophyllia cf. *stokesi*				○	
Centrastrea cf. *tokushimaensis*					○
Cyathophora sp. indet.	○				
Dermosmilia spp.					○
Dimorpharea tosaensis		○			○
D. spp.				○	
Dimorphoseries n. sp.				○	
Diplaraea cf. *tosaensis*					○
Elysastrea n. sp.					○
E. spp.					○
Enallhelia nipponica somaensis				●	
E. n. sp.				○	
E. spp.				○	
Goniocora ? *somaensis*					○
Isastrea cf. *yuraensis*	○				
I. n. sp.		○			
I. spp.	○		○		
Latomeandra aff. *variabilis*					○
L. spp.	○				
Montlivaltia spp.					○
M. ? sp. indet.				○	
Stylina (*Stylina*) *higoensis*	○			○	
S. (*S.*) *sugiyamai*				○	
S. (*S.*) cf. *valfinensis*				○	
S. (*S.*) n. sp. A				○	○
S. (*S.*) n. sp. B				○	
S. (*S.*) n. sp. C					○
S. (*S.*) spp.				○	
S. (*Cryptocoenia*) *hukasawaensis*				○	
S. (*C.*) sp. indet.				○	
S. (*C.*) spp.				○	
Stylosmilia spp.				○	
Thamnasteria haradai	○	○	○	○	
T. huzimotoi		○			●
T. torinosuensis					●
T. aff. *renevieri*					○
T. cf. *collinaria*					○
T. n. sp.				○	
T. spp.	○				○

床板珊瑚

	1	2	3	4	5
Bauneia chableisensis				○	
Chaetetopsis crinita	○				

○：産出　　●：多産

motoi は関東山地の鳥巣層群から報告されている（EGUCHI, 1951；NISHIMIYA & YAMAGIWA, 1973）。なお，この種は最近山際およびその協力者（未発表）によって，佐川盆地の鳥巣層群および紀伊の由良層から採集されている。*Dimorpharea tosaensis* は佐川盆地の鳥巣層群から発見されている（EGUCHI, 1951）。

Loc. 3：この石灰岩は山際（1959）によって青峰山東南斜面から発見されたものであるが，現在は道路工事のため露頭は見当らない。この石灰岩からは，六射珊瑚 *Thamnasteria haradai* が特徴的に産出する。

Loc. 4：この石灰岩は水郡・大塚（1928）によって発見されたもので，青峰山沓掛口登山道の北側小渓に存在する。この石灰岩から特徴的に産出するものとしては，六射珊瑚化石 *Stylina* (*Stylina*) *higoensis*, *S.* (*S.*) *sugiyamai*, *S.* (*S.*) *valfinensis*, *S.* (*S.*) n. sp. A, *S.* (*S.*) n. sp. B, *S.* (*Convexastrea*) *hukazawaensis*, *Thamnasteria haradai*, *T.* n. sp., *Aplosmilia somaensis*, *A. tochikuboensis*, *A.* n. sp., *Calamophyllia* cf. *stokesi*, *Dimorphoseris* n. sp., *Enallhelia nipponica somaensis*, E. n. sp., *Dimorpharea tosaensis* および床板珊瑚化石 *Bauneia chableisensis* がある。その中，*Enallhelia nipponica somaensis* は特に豊富に産出する。*Stylina* (*Stylina*) *sugiyamai* は佐川盆地の鳥巣層群から，*S.* (*Convexastrea*) *hukazawaensis* は五日市の鳥巣層群から産出が知られている（EGUCHI, 1951）。*Stylina* (*Stylina*) cf. *valfinensis* はスイスの上部ジュラ系から産出する *S.* (*S.*) *valfinensis* に非常に良く類似している（KOBY, 1881～1895）。*Aplosmilia somaensis*, *A. tochikuboensis* および *Enallhelia nipponica somaensis* は相馬地域の上部ジュラ系から産出が知られているが（EGUCHI, 1942, 1951；MORI, 1963），*E. nipponica somaensis* は五日市の鳥巣層群からも発見されている（EGUCHI, 1942）。なお，最近山際およびその協力者（未発表）により，佐川盆地の鳥巣層群および紀伊の由良層から *Aplosmilia somaensis* が採集された。*Calamophyllia* cf. *stokesi* はイギリスの上部ジュラ系（Coral Rag）から産出する *C. stokesi* に類似している（EDWARDS & HAIME, 1851）。*Bauneia chableisensis* は，西ヨーロッパの Dogger 統から産出する（PETERHANS, 1929）。山際およびその協力者（未発表）により，この種は五日市の鳥巣層群，紀伊の由良層および湯浅の下部白亜系有田層から採集されている。

Loc. 5：この石灰岩は山際（1957）によって志摩郡磯部町恵利原北方の広ノ谷から発見されたものである。この石灰岩から特徴的に産出するものとしては，六射珊瑚 *Latomeandra* aff. *variabilis*, *Stylina* (*Stylina*) n. sp. A, *S.* (*S.*) n. sp. C, *Elysastrea* n. sp., *Thamnasteria huzimotoi*, *T. torinosuensis*, *T.* aff. *renevieri*, *T.* cf. *collinaria*, *Centrastrea* cf. *tokushimaensis*, *Diplarea* cf. *tosaensis* および *Goniocora* ? *somaensis* がある。この中，特に豊富に産出するものは，*Thamnasteria huzimotoi* および *T. torinosuensis* である。*Latomeandra* aff. *variabilis* はスイスの上部ジュラ系から報告されている *L. variabilis* に類似している（KOBY, 1881～1895）。*Thamnasteria torinosuensis* は佐川盆地の鳥巣層群（EGUCHI, 1951）および相馬地域の上部ジュラ系（MORI, 1963）から報告がある。この種は，山際およびその協力者（未発表）によって紀伊の由良層から採集されている。*Thamnasteria* aff. *renevieri* はスイスの Callovian stage から報告された *T. renevieri* に，*T.* cf. *collinaria* は同じスイスの上部ジュラ系から報告された *T. collinaria* に類似している（KOBY, 1881～1895）。*Centrastrea* cf. *tokushimaensis* は徳島の鳥巣層群から報告された *C. tokushimaensis* に，*Diplarea* cf. *tosaensis* は佐川盆地の鳥巣層群から報告された *D. tosaensis* に良く類似している（EGUCHI, 1951）。なお *Diplarea tosaensis* は山際およびその協力者（未発表）により佐川盆地の鳥巣層群および湯浅の下部白亜系有田層群から採集された。*Goniocora* ? *somaensis* は相馬地域の上部ジュラ系から EGUCHI (1951) によって報告されているが，最近山際およびその協力者（未発表）により紀伊の由良層から採集された。

以上の考察の結果から判るように，今浦層群産出の珊瑚化石の主体は，西南日本外帯の秩父累帯各地，関東山地および相馬地域に分布する上部ジュラ系から産出したものと同種または近縁の種であり，かつ

6) このたび新たに発見した９新種は，日本およびテチス海領域の上部ジュラ系産のものと類縁関係を有している。詳細は第２報の記載研究のおりに報告する。

らのものはヨーロッパの上部ジュラ系からのものとの類似性が認められる[6)]。

なお，*Thamnasteria haradai* (Loc. 1，2，3，4)，T. *huzimotoi* (Loc. 2，5)，*Dimorpharea* *osaensis* (Loc. 2，4)，*Stylina* (*Stylina*) *higoensis* (Loc. 1，4) および *S.* (*S.*) n. sp. A (Loc. ，5) を除き，各化石産地の動物群に共通種が見当らない。このように比較的近接している各化石産地において動物群が異なるのはどういう原因によるのか，非常に興味深い問題である。今後，その原因を追求していきたいと考えている。なお，これらの化石産地から産出する層孔虫化石はやはり筆者等によって研究されているが，Loc. 1を除きその産出は少ない。

V. 今浦層群中の非石灰岩相から産出する動・植物化石について

山際・坂 (1967) は，先に松尾口青峰山新登山道路沿いの今浦層群の泥岩中から，二枚貝，ウニ，アンモナイトおよびキダリスの棘等の化石産出を報告したが，今回，新たに多数の二枚貝をはじめ，巻貝，アンモナイトおよび植物化石を発見した。先に報告した山際・坂のものを含め，現在までに種名の判明したものは次の通りである[7)]。

二枚貝

Aequipecten ? *kotsubu*, *Corbula* ? cf. *globosa*, *Entolium kimurai*, *Gramatodon* (*Gramatodon*) *takiensis*, *Myophorella* (*Haidaia*) *gracilenta*, *M.* (*H.*) sp. indet., *Nuculana* (*Dacryomya*) *stenodolichos*, *N.* (*D.*) *minutula*, *Nuculopsis* (*Palaeonucula*) sp. indet., *Opis* (*Trigonopsis*) *torinosuensis*, *Protocardia* ? sp. indet.

ウ　ニ

Heteraster cf. *nexilis*, *Salenia* ? sp. indet.

植　物

Nilsonia ex gr. *schaumburgensis*.

二枚貝化石について考察すると，*Aequipecten* ? *kotsubu* は佐川盆地の上部ジュラ系鳥巣層群，球磨地域の上部ジュラ系坂本層および相馬地域の上部ジュラ系から産出が知られている (KIMURA, 1951；TAMURA, 1959d, 1960b；HAYAMI, 1975)[8)]。*Corbula* ? cf. *globosa* は球磨地域の坂本層，佐川盆地および桜谷地域の鳥巣層群，相馬地域の上部ジュラ系および最下部白亜系小山田層 (Berriasian) から知られている *C. globosa* に非常に良く似ている (TAMURA, 1959a, 1960a；HAYAMI, 1975)。*Entolium kimurai* は球磨地域の坂本層，佐川盆地および桜谷地域の鳥巣層群，相馬地域の上部ジュラ系および最下部白亜系，北上山地南部の上部ジュラ系小々汐層から産出が知られている (TAMURA, 1959b, d, 1960b；HAYAMI, SUGITA & NAGUMO, 1960；HAYAMI, 1975)。*Gramatodon* (*Gramatodon*) *takiensis* は佐川盆地および桜谷地域の鳥巣層群，球磨地域の坂本層，相馬地域の上部ジュラ系および最下部白亜系，北上山地南部の最下部白亜系磯草層から産出が知られている (KIMURA, 1956；TAMURA, 1959b, d, 1960b；HAYAMI, SUGITA & NAGUMO, 1960；HAYAMI, 1975)。*Myophorella* (*Haidaia*) *gracilenta* は佐川盆地の鳥巣層群および球磨地域の坂本層から産出が知られている (KOBAYASHI, 1956；TAMURA, 1959a, 1960b；HAYAMI, 1975)。*Nuculana* (*Dacryomya*) *stenodolichos* は佐川盆地の鳥巣層群，球磨地域の坂本層および相馬地域の上部ジュラ系から産出が知られている (KIMURA, 1956；TAMURA, 1959b, d, 1960b；HAYAMI, 1975)。*Nuculana* (*Dacryomya*) *minulata* は佐川盆地の鳥巣層群から産出が知られている (KIMURA, 1956；TAMURA, 1960 c, d)。*Opis* (*Trigonopsis*) *torinosuensis* は佐川盆地および桜谷地域の鳥巣層群，球磨地域の坂本層，相馬地域の上部ジュラ系から知られている (KIMURA, 1956；TAMURA, 1960b；HAYAMI, 1975)。以上の考察結果からも判るように，志摩半島東部の今浦層群に多産する二枚貝化石は佐川盆地の鳥巣層群，球磨地域の坂本層および相馬地域の

7) 現在，アンモナイトは小畠郁生博士に鑑定を依頼中である。
8) 比較検討に使用した資料は，すでに記載報告されたものに限定した。

上部ジュラ系産出のものと同一または近似の種である。

ウニ化石 *Heteraster* cf. *nexilis*（前述の *Enallaster* cf. *nexilis* の属名変更）は徳島の下部白亜系羽ノ浦層，紀伊の下部白亜系有田層および関東山地の下部白亜系石堂層から産出する *H. nexilis* に近似の種である（森下による私言）。

植物化石 *Nilsonia* ex gr. *schaumburgensis* は西南日本外帯の上部ジュラ系ー下部白亜系に特徴的に産出する（KIMURA, 1975）。

VI. 結　論

今回，志摩半島東部に分布する今浦層群中の鳥巣石灰岩から産出する珊瑚化石を研究した結果，次の事柄が判明した。

1)　六射珊瑚化石８属，２亜属，４種（その中，新種９種），床板珊瑚化石２属，２種を発見した。

2)　これらの珊瑚化石は，佐川盆地をはじめとする西南日本外帯秩父累帯，関東山地および相馬地域に分布する上部ジュラ系産出のものと同種，または近似の種であり，この結果は今浦層群から多産する二枚貝化石の結果とも良く一致する[9]。

3)　５つの鳥巣石灰岩露頭から産出する珊瑚化石は，数種の共通に産するものを除き，各化石産地によって動物群が異なっている。比較的近接している化石産地でこのような結果ができることは非常に興味深いことであり，今後その原因を古環境その他いろいろな方面から追求していきたいと考えている。

この小論を発表するに際し，常日頃御指導，御鞭達を頂いている東京教育大学名誉教授藤本治義博士，志摩の地質について常に御教示，御討論を頂き，かつ今回の発表に際し，投稿中の原稿の一部の引用を快く許可して頂いた早稲田大学助教授坂幸恭博士に心から御礼申し上げる。また，御多忙にもかかわらず化石鑑定をして頂き，かつ貴い御教示を頂いた大阪市立大学教授市川浩一郎博士および東京大学助教授速水格博士(二枚貝化石)，名古屋大学教授森下晶博士（ウニ化石），東京学芸大学教授木村達明博士（植物化石）にもあわせて厚く感謝の意を表する。最後に，大阪教育大学山際研究室を卒業された諸兄姉による中生代珊瑚化石の資料は，この研究を行なうに際し有益な参考資料になると同時に，一部引用させて頂いた。それらの方がたは次のようである。稲葉幸美，吉川尚子，杉尾明子，岩橋豊彦，羽淵高之，三嶋俊男，羽淵佳子，宮田和子，佐野喜美，岡本茂，岩橋美保子，関真理，杉田福松，大西たか子，杉田三村子，福崎明美，林滋子，足立晴美，酒折有美子，庄司真也，庄司康弘。ここに明記して上記の方がたに対して心から感謝の意を表する次第である。

引用文献

EDWARDS, H. & HAIME, J. (1851) : A monograph of the British fossil corals. Pt. 2. Corals from the oolitic formations. *Palaeontogr. Soc. London.*

EGUCHI, M. (1942) : Recent and fossil corals of the family Oculinidae from Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **49**(583).

EGUCHI, M. (1951) : Mesozoic hexacorals from Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser.*, **24**.

藤本治義(1942)：三重県鳥羽地方の地質について．地質雑，**49**(585).

HAYAMI, I. (1975) : A systematic survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan. *Univ. Mus. Univ. Tokyo*, Bull. 10.

HAYAMI, I. SUGITA, M. & NAGUMO, Y. (1960) : Pelecypods of the Upper Jurassic and Lowermost Cretaceous Shishiori group in northeast Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **31** (1).

飯塚保五郎(1928)：1/75,000 地質図幅鳥羽並同説明書．地質調査所．

9)　このデーターは，二枚貝化石と共存する植物化石の結果とは矛盾しない。だが，同じく二枚貝化石と共存するウニ化石は，今日までに日本の下部白亜系から知られている種に類似している。現在までに今浦層群からは，ウニ化石が２個体しか採集されておらず，時代の比較検討のためには今後更に多数の資料を採集する必要がある。

加藤武夫・杉　健一(1927)：日本西南部外帯の押し被せ構造(予報)．地質雑，34(405)．

KIMURA, T. (1975) : Notes on the Early Cretaceous floras of Japan. *Bull. Tokyo Gakugei Univ., Ser.* 4, 27.

KIMURA, T. (1951) : Some pectinids and a limid from the Jurassic Torinosu group in Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, 7, pt. 2.

KIMURA, T. (1956) : Some pelecypods from the Upper Jurassic Torinosu group in Kochi prefecture, Japan. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 4(2).

小林貞一(1951)：日本地方地質誌，総論．朝倉書店．

KOBAYASHI, T. (1956) : Studies on the Jurassic torigonians in Japan. pt. 5. Some Jurassic torigonians from central and west Japan. *Jour. Geol. Geogr.* 27(1).

KOBY, F. (1881～1895) : Monographie des Polypiers Jurassiques de la Suisse. *Soc. Paléont Suisse, Mém (Genève)*, tome 7 (1881), tome 8 (1882), tome 10 (1884), tome 11 (1885), tome 12 (1886), tome 13 (1887), tome 14 (1886), tome 15 (1889), tome 16 (1890), Suppl., tome 21 (1895).

蔵田延男(1940～1944)：斗賀野盆地四近の地質学的研究―鳥巣統の層序学的考察を主題として．地質雑，47-48(567-568)．

松下　進(1952)：日本地方地質誌，近畿地方．朝倉書店．

松下　進(1971)：日本地方地質誌，近畿地方(改訂版)．朝倉書店．

水郡・大塚(1928)：三重県志摩地方における所謂鳥巣石灰岩の発見及び蛇紋岩の露頭その他について．地質雑，35(451)．

MORI, K. (1963) : Geology and Paleontology of the Jurassic Somanakamura group, Fukushima Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser.*, 35(1).

NAUMAN, E. & NEUMAYR, M. (1890) : Zur Geologie und Palaeontologie von Japan. *Denksch. Kaiserl. Acad. Wiss. Wien.* 57.

NISHIMIYA, K. & YAMAGIWA, N. (1973) : Coral fossils from the Kosode formation, Yamanashi prefecture. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, No. 89.

大塚弥之助(1928)：伊勢志摩地方の地質及び地形から推定された主要な断層．地理学評論，4(7)．

小沢儀明(1930)：七万五千分の１地質図幅鳥羽を読みてその地域の構造を解釈す．小川博士還暦記念地学論叢．

PETERHANS, E. (1929) : Les Chaetétidés du Lias et du Dogger. *Eclogae geol. Helv.*, 22.

坂幸恭・塚本員久・大矢雅彦・海野龍一：志摩半島西部，秩父帯の上部中生界．地質雑(印刷中)．

佐藤伝蔵(1917)：志摩国領石層中の化石．地質雑，24(348)．

TAMURA, M. (1959a) : Trigoniidae, Ostreidae, Cardiidae and Astartidae from the Upper Jurassic Sakamoto formation in central Kyushu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, No. 33.

TAMURA, M. (1959b) : Taxodonta and Isodonta from the Upper Jurassic Sakamoto formation in central Kyushu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.* No. 34.

TAMURA, M. (1959c) : Some pelecypods from the Upper Jurassic Sakamoto formation in central Kyushu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan N. S.*, No. 35.

TAMURA, M. (1959d) : Taxodonta and Isodonta from the Jurassic Soma group in the north Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, No. 36.

TAMURA, M. (1960a) : Heterodont and other pelecypods from the Upper Jurassic Soma group, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, No. 39.

TAMURA, M. (1960b) : Upper Jurassic, pelecypods from the Torinosu group in Shikoku, Japan. *Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ.*, 8.

山際延夫(1957)：志摩半島東部中古生界の層序と構造．地質雑，63(740)．

山際延夫(1969)：志摩半島東部に分布する築地層群．大阪教育大学紀要，第Ⅲ部門，18．

YAMAGIWA, N., HABUCHI, Y. & MIYATA, K. (1976) : Some interesting fossils from Naradani formation at the Naradani district, Sagawa basin, Kochi Prefecture, Southwest Japan (1)—Order Scleractinia—. *Mem. Osaka Kyoiku Univ., Ser. 3*, 25(3).

山際延夫・坂幸恭(1967)：志摩半島東部の中・古生界．地質見学案内書(名古屋)．

YAMAGIWA, N. & SAKA, Y. (1972) : On the Lepidolina zone discovered from the Shima

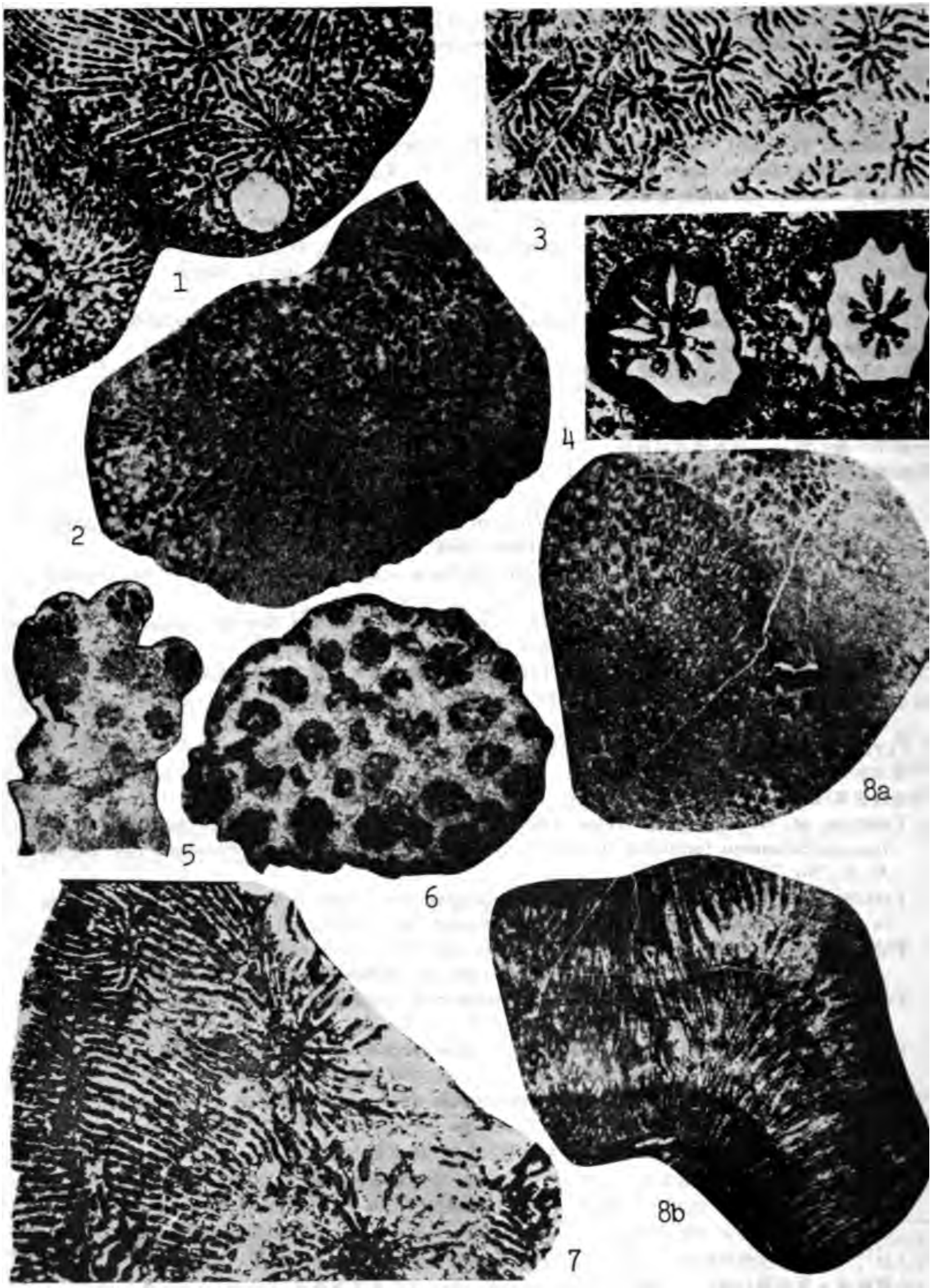


図 版

Peninsula, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, No. 85.
山際延夫・坂幸恭・岩橋豊彦・杉田福松(1976)：志摩半島の仏像構造線についての新知見. 地質雑, 82(6).

(1978年10月22日受理)

図 版 説 明

Fig. 1	*Thamnasteria huzimotoi* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 2	*Thamnasteria haradai* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 3	*Thamnasteria torinosuensis* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 4	*Aplosmilia somaensis* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 5	*Stylina* (*Stylina*) *sugiyamai* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 6	*Stylina* (*Convexastrea*) *hukazawaensis* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 7	*Dimorpharea tosaensis* EGUCHI	
	Tangential section	×4.5
Fig. 8	*Chaetetopsis crinita* NEUMAYR	
	8a: Tangential section	×4.5
	8b: Vertical section	×4.5

地学雑誌 88, 1 (1979)

三浦半島，宮田累層産軟体動物化石群集について

奥 村 清* 吉 田 晴 彦** 加 藤 邦 宜***

Weichtier-Faunas aus der Miyata-Formation in der Miura-Halbinsel, Süd-Kanto, Japan

Kiyoshi OKUMURA*, Haruhiko YOSHIDA** and Kuniyoshi KATO***

Auszug

Die Pleistozän Miyata Formation, die sich im südlichen Teil der Miura-Halbinsel Kanagawa, Süd-Kanto, Japan, entwickelt hat, besteht hauptsächlich aus feinem bis grobem Sand. Sie ist in 5 Schichten gegliedert, nämlich (in absteigender Reihenfolge) Itchyoda Sand, Shaana Pyroclastischer Sand, Koenbo Sand, Tsukuihama Sand und Geröll und Sugaruya Sand (Okumura u. a., 1977). Sehr viel Weichtier-Fossilien findet man in der Formation, besonders im Shaana Pyroclastischen Sand und Tsukuihama Sand und Geröll.

Die Autoren sammelten 11,333 Fossil-Weichtiere von 253 Arten in 10 Weichtier-Faunas aus der Miyata-Formation. In dieser Abhandlung wird der Inhalt der Weichtier-Fauna aus der Formation im Detail besprochen und ihre Einwirkung auf die thermalen und bathymetrikalen Bedingungen diskutiert.

Beachtenswert ist, daß die Weichtier-Fauna aus der Miyata-Formation sich hauptsächlich aus 3 Elementen zusammensetzt: aus dem sogenannten japanischen Typ, dem Kuroshio-Typ und dem Oyashio-Typ unter dem Gesichtspunkt der Wärme-Bedingung, und einige Faunas bestehen bathymetrikal aus 2 Elementen, den euneritischen und den subneritischen. Das euneritische Element besteht sowohl aus den Kuroshio-als auch den Oyashio-Bewohnern, das subneritische Element jedoch besteht aus Kuroshio-Bewohnern.

Die Faunas, die von den Lagen 1, 4, 5, 6 und 7 (Abb. 1) gesammelt wurden, bestehen hauptsächlich aus euneritischen Bewohnern der japanischen, d.h. der Kuroshio und Oyashio Typen, das Oyashio Element dagegen ist verhältnismäßig selten in den Faunas aus den Lagen 1 und 7. Diese Fossilien, die aus den Lagen 1, 4, 5, 6 and 7 gesammelt wurden, sind allgemein gut erhalten, sogar ihre kleinste Oberflächen-Struktur ist erhalten, oft war ihre Original-Färbung bewahrt und sogar ganz dünne Schalen-Weichtiere wurden gesammelt. Diese Tatsachen zeigen und der gute Zustand der Erhaltung offenbart, daß sie nicht transportiert wurden.

Die Weichtier-Faunas, die aus den Lagen 2 und 3 gesammelt wurden, bestehen aus 2 Elementen, nämlich den euneritischen und den subneritischen. Das erstere Element

* 神奈川県立教育センター Ausbildungs-Zentrum der Präfektur Kanagawa
** 川崎市立川中島中学校 Kawanakajima Mittelschule der Stadt Kawasaki
*** 神奈川県中井町立中村小学校 Nakamura Grundschule, Kanagawa-Präfektur

besteht sowohl aus dem Kuroshio als auch dem Oyashio Typ und das spätere hauptsächlich aus dem Kuroshio Typ. Wenn man aus der Art und Weise des Vorkommens und dem guten Zustand der Erhaltung jeden Fossils urteilt, dann wurden die euneritischen Bewohner durch die Grundströmung in tiefergelegene Meeresböden fortbewegt und mit dem subneritischen Kuroshio Element wie dem subneritischen am Meeresboden vermischt.

Vom Inhalt der Weichtier-Fauna her kann gesagt werden, daß die Miyata Formation auf dem euneritischen oder subneritischen Meeresboden abgelagert wurde. Und das Meer, in dem die Formation abgelagert wurde, war geographisch zum Osten hin offen. Ebenso wird vermutet, daß der subneritische Meeresboden weitgehend durch die Kuroshio Meeresströmung beeinflußt wurde. Der seichtere Meeresboden jedoch wie der euneritische war großenteils beeinflusst von der Oyashio-Strömung, die vom Kuroshio-Strom unterstützt wurde.

I. まえがき

者らは1975年から76年にかけて，三浦半島に分布する中部洪積統宮田累層の層序学的・古生物学的検を行った。その概括的な報告及び層序学的知見についてはすでに公表した（吉田・加藤，1976：奥村ほ 1977)。本稿では主として古生物学的検討の結果得られた新知見について報告する。

本研究は筑波大学菅野三郎教授のご指導によって進められたものである。菅野教授に心から感謝申しある。研究の過程で種々有益な助言を賜わった横浜国立大学見上敬三教授，化石採集に当って便宜を計っくださった横須賀市立博物館蟹江康光博士に心からのお礼を申しあげる。

II. 宮田累層について

. 研究史

宮田層という名称は，青木（1929）によって用いられたのが最初である。池辺（1931）は青木の宮田層に不整合を考え，これによって宮田層を２分したが，その後，この不整合が否定され，藤田（1951）によって宮田層という名称の再提起が行われた。藤田は宮田層分布地域の北部では宮田層の下部のみが，南部ではその上部のみが見られることから，宮田層を堆積させた沈降運動は北部地域にはじまり，漸部地域に移動したものであると推論した。樋口（1954）は有孔虫化石の研究により，宮田層を堆積さた海水の温度は現在の三浦半島の近海と同じか，やや寒冷であったと述べ，牧野（1960）は軟体動物化の研究によって，宮田層はやや親潮要素に富んでいると述べた。

須賀市教育委員会は京浜急行津々井浜駅付近の大規模な含化石層について調査し，堆積構造上の問題軟体動物化石群等の検討を行った（新井ほか，1971；堀越ほか，1971など)。堀越ほかはこの報告の120種に及ぶ軟体動物化石のリストを公表し，本化石群には親潮系冷水種と黒潮系暖水種とが共存し，には上部浅海帯に生息するものが，後者には下部浅海帯に生息するものが多く，本化石層は現在の鹿のような海況のところで堆積したものであろうと論じた。

村ほか（1977）は宮田累層の層序区分を行い，宮田累層の堆積過程について検討し，宮田累層の堆積上の特異性が堆積時の地殻運動によって生じたものであると述べた。

. 分布及び層序

宮田累層は三浦半島南部，宮田台地に分布する。宮田台地の北縁は武山断層（大塚，1935）により，南は南下浦断層（杉村，1964）によって境されている。本層の分布地域は東西，南北おのおの約４km のがりをもつ。

村ほか（1977）は宮田累層を岩相・層位関係から５部層に区分した。すなわち，下部から上部に向っ

て順に須軽谷砂部層[1]，津久井浜砂礫部層，高円坊砂部層，鹿穴凝灰質砂部層，一町田砂部層である。

III. 軟体動物化石群について

1. 概要

宮田累層は各部層から軟体動物化石を産出するが，津久井浜及び鹿穴両部層からの産出量は特に多い。図1で1～7の番号を付したところは200個体以上の軟体動物化石を採集した地点である。7地点から採集した軟体動物化石のうち，種が同定できたもの253，採集個体数は11,333である（表1）。

次に，各軟体動物化石群（1～7）について産出層の下位のものから順に述べる。

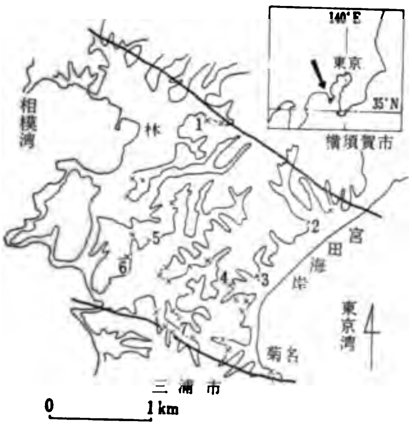


図1 宮田累層化石産出地点，1～7の番号を付したところは，本研究で取り上げた化石の産地

2. 産地別軟体動物化石群

(1) 須軽谷軟体動物化石群（須軽谷群集という。以下同じ，産地1）

横須賀市林付近で，須軽谷部層の基底近くの層準に含まれる。本群集を含む地層は黄褐色を呈し，斜交葉理が著しく発達する礫質ないし粗粒の砂からなる。化石を含む砂層の厚さは約2m，斜交する葉理の1枚の厚さは mm から2cm あり，軟体動物化石は主としてこの葉理面にそってほぼ1列に並んでおり，いわゆる異地性の産状を示す。

この含化石層の下位には，長径15～20cm 大の礫からなる厚さ2～3m の礫層があり，この礫層にはところによって厚さ30～50cm の peat の層が挟まれる。この含化石層の上位にも，長径1～2cm 大の淘汰のよい層がみられるので，この化石群は沿岸近くの比較的浅い海底に堆積したものと思われる。この群集は腹足綱に比べて斧足綱を含む割合が大きい。しかし，大型の斧足綱は稀で，*Crassostrea gigas* (THUNBERG) など2～3の種を除くと，貝殻の大きさが1～3cm 大によく揃っていることも特徴的である。

(2) 津久井浜軟体動物化石群（産地2）

産地は京浜急行津久井浜駅付近の砂取場である。この群集はスコリア，軽石及び小礫などを含む未固結粗粒の砂層より産出する。化石を含む地層は少なくとも厚さ3.5m に亘って観察できる。化石は密集して産出し，いわゆる異地性・化石床型の産状を示す。大型の化石には破損したものが多い。採集は厚さ10cm くらいの部分から，18 *l* 入りバケツ1杯づつ，層理面に対して直角な方向に1m おきに4層準で行い，下位のものから順に(1)，(2)，(3)，(4) とした（表1）。

上述4点の群集の内容は，類似度がきわめて高い。(1) と (2)，(2) と (3) のように，互いに隣り合う層準での類似度は特に大きく，層準が離れるにつれ類似度はやや小さくなる（表2）。

(3) 鹿穴軟体動物化石群（産地3～6）

鹿穴部層は次の4地点で軟体動物化石を多産する。三浦海岸駅北西約120m の地点（産地3），上宮田小学校々庭（同4），内田切通し（同5），和田の里（同6）の各地点である。これら各地点から産出する軟体動物化石群をそれぞれ，三浦海岸駅群集，上宮田群集，内田群集，和田の里群集と呼ぶことにする。

1) 三浦海岸駅群集（産地3）

本群集は上記の地点で，道路工事の際発見されたものであるが，工事終了とともにコンクリートで被わ

1) 筆者らはさきの論文(1977)においてこの部層名を用いたが，この名称はすでに蟹江・大越(1973)によって用いられていた。不用意にこの名称を用いたことについて原命名者にお詫びを申しあげる。

表 1　宮田累層産軟体動物化石 (1)

	種　名	緯度	深度	底質	1	2 (1)	2 (2)	2 (3)	2 (4)	3	4	5	6	7
1.	*Acmaea pallida*	35-50	0-3	R, S	A	F	F	F	R	C	A	.	C	.
2.	*Emarginula fragilis*	33-35	3	S	.	R	.	.	.	R	R	.	.	.
3.	*Tugali vadososinuata*	39			.	R	.	.	R	R	.	.	.	.
4.	*T. decussata*	15-42	1-2	G	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
5.	*Clipidina picta*	14-35	0	R	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
6.	*Puncturella nobilis*	39-46	1		.	C	R	R	R	F	C	.	.	.
7.	*P. fastigiata*	25-41	3-B	R	.	.	R	R	.	.	.	.	.	.
8.	*Diodra yokoyamai*	33-35	3-4	gS	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
9.	*Machaeroplax delicatus*	33-41	4-B	M	.	R	R	.	R	R	A	.	.	.
10.	*Turccia coreensis*	20-42	3-B	S	.	.	.	R	.	.	R	.	.	.
11.	*Euchelicianculus bronni*	8-35			.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
12.	*Perrinia concina*	31-35	2-B	S	.	.	R	.	R	.	.	.	.	.
13.	*Euchelus pauperculus*	31-35	0-1	R, G	.	R	.	R	.	R	.	.	.	.
14.	*Granata lyrata*	31-35	0-1	R, G	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.
15.	*Tristichotrochus consors*	22-41	1-3	S, mS	.	R	R	F	R	R	F	.	.	.
16.	*T. quaesits*				.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
17.	*Cantharidus callichrous*	31-42	0-1	R	.	R	F	C	C	R	.	.	.	.
18.	*C. yessoensis*	36	0		.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
19.	*C. hirasei*	31-35	0-1	R	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.
20.	*Tegula rustica*	24-51	0-1	R, gR	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R
21.	*Chlorostoma argyrostoma furbinata*	31-35	0-1	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C
22.	*Enida japonica*	0-35	3-B	S	.	R	.	.	.	R	C	.	.	.
23.	*Liralaria pygmaea*	34-38	1	R	.	C	.	R	R	.	F	.	R	.
24.	*Conotropia ornata*	31-35	0-1	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
25.	*Suchium costatum*	20-42	1	S	V	R	R	R	.	.	.	.	R	.
26.	*Lissotesta sobrina*				.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
27.	*Liotinaria solidula*	0-34	0		.	.	R	.	R	.	.	.	.	.
28.	*Homalopoma amussitatum*	31-51	2-4	R, G	.	V	V	V	C	V	A	V	V	.
29.	*H. granuliferum*	31-35	3-B	R	.	C	R	F	R	C	C	.	.	.
30.	*H. incornatum*	31-35	0-1	G	.	A	A	A	C	.	.	.	.	.
31.	*Neocollonia pilula*	29-38	1	R	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
32.	*Phasianella modesta*	15-35	0-1	R	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
33.	*Cocculia kuragiensis*				.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
34.	*Littorina manschurica*	36-45			.	.	.	R	R	.	.	.	.	.
35.	*Merelina tokunagai*				.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
36.	*Haustator fortilirata*	35-50	2-B	mS	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
37.	*Turritella nipponica miyata*				F	A	A	C	A	R	R	.	.	.
38.	*Serpulorbis imbricatus*	20-42	0-3	R, G	.	.	R	.	R	F	F	.	.	.
39.	*S. medusae*	31-35	3-4	R, S	R	.	.	R	F	.	R	.	.	.
40.	*Siliquaria cumingii*	0-35	1-3	R	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
41.	*Batillaria cumingii*	23-44	0	M	.	.	.	R	R	.	.	.	.	V
42.	*B. zonalis*	0-41	0	R-mS	.	.	R	R	R	.	.	.	.	.
43.	*Eufenella pupoides*	0-42	0-2	M	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.
44.	*E. rufocincta*	31-35	0-1	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
45.	*Clathrofenella reticulata*	27-41	0-1	mS	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
46.	*Diala varia*	33-38	1	G	.	.	R	R	.	.	.	.	.	.
47.	*Bittium binodulosum*				.	F	V	V	V	C	.	.	.	.
48.	*B. urashimanaum*	33-35	2-4	S	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
49.	*B. yokosukense*	35	1-2	R	.	V	V	V	V	V	.	.	.	.
50.	*Seila yokoyamai*	35-39			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
51.	*Triphora multigyrata*	25-35			.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
52.	*T. conspersa*	31-35	1-2	R, G	.	R	R	F	C	R	.	.	.	.
53.	*T. sematensis*				.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
54.	*Epitonium sagamiense azumanum*				.	.	R	R	R	R	.	.	.	.
55.	*E. kazusense*	35			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
56.	*Curveulina aulata*	31-35			.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
57.	*Uberella yokoyamai*	33-35	4-B	mS	.	.	R	R	R	R	.	.	.	.
58.	*Glossaulax reiniana*	26-35	1-3	mS	R	R	.	R	R	R	R	.	.	V
59.	*G. didyma*	0-42	0-2	mS	C	.	.	.	.	R	.	.	.	.
60.	*Cryptonatica janthostomoides*	31-42	1-2	mS	F	F	R	R	R	F	.	A	C	V
61.	*Polinices flemingianus*	0-34			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
62.	*Trichotropis unicarinata*	31-41	1-3	mS	.	.	R	R	.	.	.	.	.	.
63.	*Calyptrea yokoyamai*	31-35	2-B	S	.	.	R	.	.	R	A	.	.	.
64.	*Lachryma callosa*	26-41	0-1	R, S	R	R	F	R	F	R	.	.	.	.
65.	*Trivirostra edgari*	0-29	1		.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
66.	*Cymatium subpyrum*				.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
67.	*Ranella galea*	33-35			R	.	R	R	R	R	C	.	.	.
68.	*Tonna luteostoma*	0-42	1-4	G-mS	R	.	.	.	.	R	F	F	R	.
69.	*Ceratostoma burnetti*	38-50	0	R	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
70.	*Ergalatexta tokugawai*	35	3-4	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.

表 1　宮田累層産軟体動物化石 (2)

	種　名	緯度	深度	底質	1	2 (1)	2 (2)	2 (3)	2 (4)	3	4	5	6	7
71.	*Magilus antiques*	0-33			.	R	R	.	.	.	.	.	.	.
72.	*Trophon candelabrum*	34-45	0-B	G	.	R	R	.	.	R	R	.	.	F
73.	*Trophonopsis tenuisculptus*	45-60			.	.	.	F	R	.	.	.	.	.
74.	*T. polycyma*	35	3-4	S	.	R	R	R	R	R	.	.	.	.
75.	*Siphonochulus japonica*	33-35	2-4	S	.	R	.	R	R	.	.	.	.	.
76.	*Murexsul cirrosus*	5-35	2-4	G	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
77.	*Mitrella bicincta*	0-42	0-3	R, S	C	V	A	C	C	F	.	.	.	F
78.	*M. burchardi*	31-55	0-1	R, S	.	.	.	F	.	R	.	.	.	.
79.	*M. lischkei*	24-41	1-3	R, S	.	R	R	R	.	.	.	.	.	.
80.	*Sulcomitrella bicinctella*	33-35	3-4	S-M	.	.	R	.	.	R	.	.	.	.
81.	*Siphonalia fusoides*	26-41	1-3	mS	.	.	.	.	.	C	C	.	.	V
82.	*S. spadicea*	31-42	2-4	S-M	.	.	.	.	.	.	C	F	.	.
83.	*Benthindsia magnifica*	31-35	2-B	S	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
84.	*Volutharca perryi*	33-45		mS	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
85.	*Tritia japonica*	24-41	1-2	S	.	R	F	F	R	R	.	.	.	A
86.	*Zeuxis siquijorensis*	0-35	1-4	mS	.	.	.	.	.	R	V	F	.	C
87.	*Reticunassa chibi*	31-35	1	mS	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
88.	*R. spurca*	26-42	0-1	R	C	.	R	.	.	R	R	.	.	.
89.	*Fusinus muricatoides*	35	3-4	G, S	.	R	R	.	.	.	.	.	.	.
90.	*Granulifusus makiyamai*		3-4	S	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
91.	*Ancilla hinomotoensis*	31-35	3-4	S-M	.	.	R	.	.	R	.	.	.	.
92.	*Olivella japonica*	31-41	1	S	.	.	R	.	.	R	.	.	.	.
93.	*O. spretoides*	31-41	2-4	S	.	R	R	R	.	.	.	.	.	.
94.	*O. fulgurata*	20-41	0-1	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R
95.	*Microvoluta hondana*	35	3-B	S	.	.	R	.	R	R	.	.	.	.
96.	*Pusia emmae*	31-35	0-1	R	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
97.	*P. daedala*	0-35	1	G	.	R	R	R	R	.	R	.	.	.
98.	*P. descoloria*	0-35	0-1	G	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
99.	*Fulgoraria kamakurensis*				.	.	.	.	R	C	.	.	.	.
100.	*Cancellaria spengleriana*	0-39	1-2	S, mS	.	.	.	.	R	R	.	.	.	F
101.	*C. laticostata*	31-35			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
102.	*Momoebora elegans sinensis* var.				.	.	.	.	.	.	.	.	.	C
103.	*Neadmete japonica*	31-35	3-4	S	.	.	.	.	R	R	.	.	.	.
104.	*Crithe cotamago*	27-35			.	.	.	F	F	R	.	.	.	.
105.	*Elaeocyma braunsi*	34-35	3-4	S, mS	.	R	R	R	R	R	.	.	.	.
106.	*Paradrillia patruelis*	33-41	1-4		.	.	.	.	.	R	R	.	.	.
107.	*Microdrillia sagamiensis*	35			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
108.	*Horaiclavus shitoensis*	33-41	3-4		.	R	R	.	.	.	.	.	.	.
109.	*H. filicinctus*	31-41	2-4	S-M	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
110.	*Inquisitor jeffreysii*	31-45	1-3	mS	.	R	.	.	R	.	.	.	.	.
111.	*Propebela yokoyamai*	42-45	1		.	R	R	R	.	R	R	.	.	.
112.	*Mangelia tokunagai*				.	R	.	R	.	.	R	.	.	.
113.	*M. tabatensis*	34-35			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
114.	*Lyromangeria semicorinata*	26-35	1	R	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
115.	*Clathurella subauriformis*	31-39	1	S	.	.	.	.	R	.	.	.	R	.
116.	*Daphnella mitrellaformis*	0-34	3-4		.	.	.	.	.	.	F	.	.	.
117.	*Cythara oyuana*	33-35	1	S	.	.	R	R	.	.	.	.	.	.
118.	*Lienardia fuscolineolata*				.	.	R	.	.	R	.	.	.	.
119.	*Clathromangelia leuckarti*	31-39	1	R	.	.	R	R	R	.	.	.	.	.
120.	*Parviconus tuberculosus*	32-35	3-4	S	.	R	R	R	R	F	.	.	.	.
121.	*Hastulopsis melanacme*	31-35	1	S	F	.	.	.	.	.	.	.	.	.
122.	*Punctoterebra lischkeana*	30-41	1	S, mS	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
123.	*Noditerebra suavidica*	34-35			.	.	R	.	R	.	.	.	.	.
124.	*Strioterebra hedleyanum quadriaratum*	34	2	mS, M	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
125.	*Chrysallida bicinctella*				.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
126.	*Kleinella neofelix*				.	.	.	R	R	.	.	.	.	.
127.	*Leucotina gigantia*	32-39	1-2	S	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
128.	*L. adamsi*	35	3-4	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
129.	*L. dianae*	31-35	1-2	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
130.	*Cingulina cingulata*	34-38	1		.	.	.	R	R	R	.	.	.	.
131.	*Ringicula driaris*	30-42	1-3	S, mS	R	F	A	A	A	A	C	C	C	.
132.	*Retusa minima*	32-39	1-3	S	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
133.	*Pyrunculus phiala*	31-43	1-B	S-M	.	.	.	.	R	.	.	F	.	A
134.	*Rhizorus acutaeformis*	31-42	2-B	mS	.	R	.	.	R	.	.	.	.	.
135.	*R. cylindrellus*	34-41			.	.	.	.	.	R	R	.	.	.
136.	*Decorifer insignis*	31-41	0-1	S, mS	.	.	R	R	R	R	.	.	.	.
137,	*D. globosa*	32-39			.	.	.	R	R	.	.	.	.	.
138.	*D. delicatula*	34-35			.	.	.	.	.	.	.	.	F	.
139.	*Adamnestia japonica*	29-35	1-B	S, mS	R	.	R	R	R	R	.	.	.	.
140.	*Clio pyramidata*				.	.	R	.	.	R	R	.	.	.

表 1　宮田累層産軟体動物化石 (3)

	種名	緯度	深度	底質	1	2 (1)	2 (2)	2 (3)	2 (4)	3	4	5	6	7
141.	*Cavolinia inflexa*				.	.	R	.	.	.	A	.	.	.
142.	*Cuvierina columnella*				.	R	.	.	R	.	.	.	.	.
143.	*Dentalium septentrionale*	31-41	2-B	mS	A	C	C	C	F	R	V	.	.	.
144.	*Laevidentalium philippinarum*				.	C	C	C	A	.	.	.	.	.
145.	*Nuculana yokoyamai*	31-41	3-B	S, mS	.	C	R	F	.	F	C	.	.	.
146.	*Nucula tokyoensis*				.	R	F	F	.	R	.	.	.	.
147.	*Acila minutoides*	33-35	3-B	mS	.	V	C	.	.	R	.	.	.	.
148.	*A. mirabilis vigilia*	33-45			.	.	.	.	.	C	.	.	.	.
149.	*A. divaricata*	30-35			.	.	.	.	R	.	.	.	.	.
150.	*A. insignis*	33-35	3-B		.	.	.	.	R	A	.	.	.	.
151.	*Ennucula nipponica*	31-41	3-B	S	.	.	R	.	.	C	V	.	.	.
152.	*E. cyrenoides*	31-41	3-B	S	.	.	R	.	.	.	V	.	.	.
153.	*Limopsis crenata*	25-41	3-B	S-M	C	A	V	V	V	F	F	.	.	R
154.	*L. tokaiensis*				R	V	V	V	V	V	F	.	.	F
155.	*L. adamsiana*				.	R	R	.	R	.	F	.	A	.
156.	*L. nipponica*	31-35	3-B	M	.	R	R	R	R	R	.	.	.	.
157.	*Glycymeris vestita*	31-35	1-3	S, mS	V	R	F	R	R	.	.	.	F	.
158.	*G. yessoensis*	38-44	1	S	F	C	C	C	C	A	.	.	.	.
159.	*G. albolineata*	31-35	1	mS	.	.	.	R	R	.	.	.	.	.
160.	*G. pilsbryi*	25-41	2-B	S	A	R	.	.	.	R	.	.	.	.
161.	*Tucetonella munda*	32-35	1-4	mS	.	C	C	F	R	R	.	.	.	.
162.	*Porterius dalli obliquatus*	26-42	0-B	R-M	.	F	F	C	F	A	.	.	C	.
163.	*Arca plicata*	0-39	0-1	R	.	.	R	R	R	.	.	.	.	.
164.	*A. boucardi miyatensis*	25-42	0-3	R, S	A	C	R	F	F	R	.	.	.	.
165.	*Scapharca broughtonii*	26-42	1-2	S, mS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V
166.	*S. subcrenata*	26-40	0-1	S, mS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R
167.	*Barbatia stearnsii*	25-39	0-1	R	R	R	R	R	.	.	.	.	.	.
168.	*Crenella yokoyamai*	34-35	1-4	S	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
169.	*Striarca tenebrica*	0-35	0-1	R	R	.	R	.	.	R	.	.	.	.
170.	*Septifer keeni*	25-41	0-1	R	F	R	R	.	.	.	.	C	C	.
171.	*Modiolus nipponicus*	25-41	0-1	R	.	.	.	R	R	.	.	.	.	.
172.	*M. modiolus diffcilis*	35-51	1	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V
173.	*Polynemamussium intuscostatum*	31-41	3-B	S	.	C	R	R	R	C	V	.	.	.
174.	*P. alaskense*	38-60	4-B	M	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
175.	*Chlamys farreri nipponensis*	31-42	0-3	R	.	R	R	.	R	R	.	.	C	.
176.	*C. jousseaumei*	0-36	3-B	S, mS	.	F	F	R	.	F	F	F	R	.
177.	*Cryptopecten vesiculosus*	0-35	2-B	S	.	.	R	R	.	F	.	.	.	.
178.	*C. sematensis*				.	R	.	.	R	.	F	.	.	.
179.	*Pecten albicans*	20-42	1-4	S	A	R	R	R	F	C	R	F	R	V
180.	*Patinopecten tokyoensis*				F	V	C	A	V	C	V	F	A	V
181.	*Limatula vladivostokensis*	35-55	3-B	mS	.	.	.	.	.	.	.	F	R	.
182.	*L. japonica*	25-41	3-B		F	.	.	.	.	.	.	.	.	.
183.	*Divarilima iwaotakii*	31-35	2-4	mS	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.
184.	*Limaria hakodatensis*	25-42	1-2	S-M	.	.	.	.	R	.	C	.	.	.
185.	*Lima zushiensis*	31-35	1-4	R-S	.	R	.	.	.	R	.	.	.	.
186.	*L. quantoensis*				.	.	R	R	R	C	.	.	.	.
187.	*L. vulgatula*				.	.	R	.	.	R	R	.	.	.
188.	*Acesta goliath*	35-42	4-B	S	.	.	.	.	.	F	.	.	.	.
189.	*Anomia cytaeum*	0-42	0-1	R-S	R	R	R	R	.	F	.	.	A	.
190.	*Monia umbonata*	20-42	0-B	R-S	.	F	.	.	.	.	C	F	C	.
191.	*Pycnodonta musashiana*	25-41	1-B	G-S	.	F	C	R	F	.	.	.	.	.
192.	*Ostrea denselamellose*	26-39	1	S, mS	.	R	R	.	.	R	.	.	.	R
193.	*Crassostrea gigas*	0-55	0	R	V	R	R	R	R	F	.	.	.	.
194.	*Astarte hakodatensis*	35-70	1-3	mS	.	.	R	R	R	R	.	.	.	.
195.	*Crassatella nana*	25-35	1-3	mS	.	.	.	.	R	.	.	V	F	.
196.	*C. oblongata*	26-35	3-B	S	.	C	R	F	F	A	C	F	.	.
197.	*Venericardia ferruginea*	33-42	3	S	.	V	V	V	V	V	A	.	.	.
198.	*V. ferruginosa*	0-35	1-4	S	R	R	R	R	R	C	.	F	R	.
199.	*Cardita leana*	23-41	0-1	R, G	.	R	R	R	R	C	C	.	.	.
200.	*C. nodulosa*	25-35	4	S	R	.	R	.	.	F	.	.	.	.
201.	*C. toneana*	31-39	2-3	mS	R	.	.	R	.	R	.	.	.	.
202.	*Diplodonta usta*	35-45	1-2	mS	.	.	.	.	R	R	.	V	V	R
203.	*Cycladicama semiasperoides*	31-35	1-3	M	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
204.	*Lucinoma concentricum*	30-42	1-4	mS	.	A	R	F	C	A	C	.	R	F
205.	*Pillucina lamyi*	22-35	1-B	G, S	.	R	.	R	R	R	.	V	V	.
206.	*Mysella japonica*	34-35			.	R	.	.	R	.	.	.	.	.
207.	*Nemocardium samarangae*	24-36	3-B	S-M	.	F	.	R	R	C	R	.	.	.
208.	*Chama retroversa*	23-35	0-1	R	.	.	.	R	R	R	.	.	R	.
209.	*C. fragum*	0-35	1-4	R, S	.	R	F	C	F	F	.	.	R	.
210.	*C. asperus*	0-39	0-1	R	.	R	R	.	.	R	.	.	F	.

表 1　宮田累層産軟体動物化石 (4)

	種名	緯度	深度	底質	1	2 (1)	2 (2)	2 (3)	2 (4)	3	4	5	6
211.	*Clinocardium californiense*	35-71	1-3	mS, M	R	R	R	R	R	R	V	.	R
212.	*C. braunsi*				.	.	.	R	R	.	.	A	R
213.	*C. biiloni*	34-43			.	.	.	.	.	.	.	.	.
214.	*Fulvia mutica*	12-41	1-2	S, mS	A	.	.	R	R	R	.	.	.
215.	*Saxidomus purpurata*	31-42	0-1	R-M	.	.	.	.	.	R	.	.	.
216.	*Meretrix lamarcki*	20-42	0-1	S, mS	C	.	.	.	.	.	.	.	.
217.	*Sunetta concinna*	14-31			F	.	.	.	.	.	.	.	.
218.	*Dosinia sericea*	10-36	1-3	S	.	R	.	R	.	R	.	.	.
219.	*Venus toreuma*	0-35	0-3	G, S	.	.	.	R	R	.	.	.	.
220.	*Mercenaria stimpsoni*	36-45	1	S	.	.	R	.	.	R	.	.	.
221.	*Placamen tiara*	0-35	1-2	S, mS	.	.	.	.	R	.	.	.	.
222.	*Anomalocardia minuta*	0-37	1-B	S, mS	.	.	.	.	.	R	A	F	.
223.	*Protothaca adamsi*	38-45	1-3	mS	.	.	.	R	.	R	.	.	.
224.	*Gomphina neastartoides*	26-39	1-3	S	A	.	.	.	.	.	.	.	.
225.	*Ruditapes variegatus kioroshiensis*	0-35	0	R, S	A	R	R	F	F	R	.	F	.
226.	*R. philippinarum*	22-55	0-1	G-mS	V	R	R	R	R	.	.	.	.
227.	*Petricola mirabilis*	32-35	1	R	.	.	.	.	.	R	.	.	.
228.	*Mactra sulcataria*	31-41	0-1	S, mS	A	.	.	.	.	.	.	.	.
229.	*M. veneriformis*	25-39	0	mS	.	.	.	.	R	R	.	.	.
230.	*Spisula sachalinensis*	35-45	1	S, mS	V	R	R	R	F	R	.	.	.
231.	*Raeta pellicula*	34-39	1	M	.	.	.	.	.	.	C	.	.
232.	*R. rostralis*	31-41			.	.	.	.	.	.	.	.	.
233.	*R. pulchella*	0-41			A	.	.	.	.	.	.	.	.
234.	*Tresus keenae*	31-45	0-2	mS, M	.	.	.	.	.	R	.	.	F
235.	*Cardilia semisulcata*	0-35	1	S	R	.	.	.	R	.	.	.	.
236.	*Donax kiusiuensis*	22-39	0	S	.	F	R	R	.	.	.	.	.
237.	*Semeangulus miyatensis*	26-35	1	S	C	R	R	.	.	R	.	A	R
238.	*Mersca subtruncata*	0-41	1-B	S, mS	R	.	.	.	.	.	.	A	.
239.	*Heteromacoma irus*	31-42	0-1	S-M	C	.	.	.	.	.	.	.	.
240.	*Macoma tokyoensis*	32-39	1-2	mS	A	.	.	.	.	R	.	.	R
241.	*M. incongrua*	20-50	0-2	M	A	F	.	F	.	F	.	.	.
242.	*M. nipponica*	33-42	3-4	mS	.	F	.	R	.	F	.	A	F
243.	*M. praetexta*	23-38	1-2	mS	.	.	.	.	.	.	.	.	.
244.	*Solen gordonis*	31-39	1-2	S	C	.	.	.	.	.	.	.	.
245.	*Hiatella orientalis*	20-45	0-B	R	.	C	.	R	R	.	R	.	.
246.	*Caryocorbula venusta*	31-45	0-B	S, mS	F	A	A	A	A	A	V	.	V
247.	*C. nipponica*	31-35	2-B	S	.	.	.	R	.	R	.	.	.
248.	*Potamocorbula amurensis*	43	1	mS, M	.	.	.	.	.	R	R	.	.
249.	*Cryptomya busoensis*	31-45	0-1	mS	.	R	.	.	.	.	.	.	.
250.	*Eufistulana grandis*	0-35	1-3	S	.	.	R	R	.	.	.	.	.
251.	*Myadora japonica*	31-41	1-B	S	.	R	R	R	R	R	.	A	.
252.	*M. ikebei*				.	.	R	R	R	R	.	.	.
253.	*Thraciopsis transmontana*	33-35	1-3	mS	.	.	.	R	.	.	.	.	.

〔備考〕

(1) 本表には種の同定ができたもののみを掲げた。

(2) 〔緯度〕は太平洋岸での地理的分布範囲(数字は北緯)を示す。

(3) 〔深度〕は棲息地の深さを示す。0：潮間帯，1：上浅海帯（深さ0から20～30m ま
浅海帯（深さ20～30から50～60m まで）3：亜浅海帯(深さ50～60から100～120m
下浅海帯（深さ100～120から200～250m まで）B：深海帯（深さ200から1000m

(4) 〔底質〕は棲息地の底質を示す。R：岩礁，G：礫底，S：砂底，M：泥底，g：礫
質，m：泥質，G-M は礫質より泥底に至る各種の底質に棲むことを示す。

(5) 1～7は化石群集番号（図1に対応している），(1)～(4) は本文参照のこと。

(6) R.F.C.A.V は産出の頻度を示す。Rは産出個体数が0.5%未満，Fは0.5%以
Cは1%以上2%未満，Aは2%以上4%未満，Vは4%以上を示す。

(2)～(4) の資料は主として OYAMA (1973) および生物御研究所 (1971) によった

て，現在では観察することはできない。

この群集は固くしまった黄褐色のシルト層とスコリア質粗粒の砂層との互層の，砂層
おり（図2），異地性，密集型の産状を示す。1つの単層では下部ほど大型のものが多
の厚さは20～80cm で，砂層の基底には sole mark 等がみられ，砂層の上限はかなり
に移りかわる。

2) 上宮田群集（産地4）

上宮田小学校々庭周辺の崖で観察される。本群集を含む鹿穴部層は黒褐色を呈す凝灰質のシルト質砂層からなり，この砂層のところどころにレンズ状に粗砂，スコリア，軽石などがとり込まれており，軟体動物化石は主としてこのレンズの中から産出する。異地性，散在型の産状を示す。大型の化石は少ない。貝

表 2　各群集の類似度
(ただし産出頻度C～VA のものについて計算)

2-(1)	0.05								
2-(2)	0.06	0.73							
2-(3)	0.06	0.63	0.83						
2-(4)	0.06	0.63	0.78	0.83					
3	0.15	0.44	0.47	0.47	0.47				
4	0.15	0.42	0.23	0.27	0.23	0.47			
5	0.14	0.06	0.13	0.13	0.13	0.06	0.11		
6	0.13	0.17	0.25	0.25	0.25	0.27	0.32	0.37	
7	0.20	0.12	0.05	0.14	0.09	0.15	0.11	0.06	0.05
群　集	1	2-(1)	2-(2)	2-(3)	2-(4)	3	4	5	6

$$類似度(r) = \frac{c(a+b)}{2ab}$$

a，b は2群集の種数
c は共通種数

殻片も多く含まれている。

3）内田群集（産地5）

三浦市和田小字内田の市道の切り通しで観察される。本群集を含む鹿穴部層は黒灰色を呈し，やや未固結な泥質の細粒砂からなる。貝化石はこの砂層の中に雑然ととり込まれており，異地性，密集型の産状を示すが，底流による sorting はほとんど受けていないように観察される。

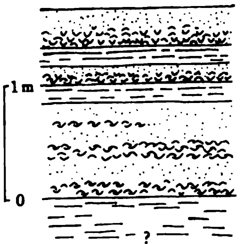


図 2　三浦海岸駅群集（産地3）の産状

4）和田の里群集（産地6）

本群集は三浦市和田の里和田義盛旧碑付近で観察される。本群集を含む鹿穴部層は黄色の軽石，黒色のスコリアに富む砂からなり，貝化石はこの砂中にふきよせ状に堆積している。炭化した木片なども含まれることがあるほか，*Balamus tintinabulu rosa* PILSBRY が多数含まれているので，この群集は汀線付近または上浅海帯の岩礁近くで形成されたものと思われる。

本群集は特に *Diplodonta usta* (GOULD) の個体に富むことが特徴的である。

(4) 一町田軟体動物化石群（産地7）

本群集は三浦市下宮田番場付近で観察される。本群集を含む一町田部層は青灰色を呈す泥質の細砂からなり，固くしまっていて無層理である。貝化石はこの中から散在的に産出する。二枚貝は合殻したままのものが多く，破損したものは稀で，現地性の化石群集である。この砂層の中には炭化した木片や木の葉の化石を含むことがあるので，内湾性，浅海性の群集と考えられる。

本群集の多産種と産地1～6の群集の多産種とをくらべると，両者の間には *Patinopecten tokyoensis* (TOKUNAGA) を除くと共通種がなく，類似度は最も小さい（表2）。この化石群の内容は宮田累層の中では須軽谷軟体動物化石群とともにかなり異質である。

IV. 軟体動物化石群の解析

1. 化石の種類

宮田累層全体を通じ，個体数が比較的多く産出する種は *Acmaea pallida* (GOULD), *Hom amussitatum* (GOULD), *H. incornatum* (PILSBRY), *Tullitella nipponica miyata* IDA, *Bitti dulosum* YOKOYAMA, *B. yokosukense* OYAMA, *Cryptonatica janthostomoides* KURODA *Mitrella bicincta* (GOULD), *Ringicula doriaris* GOULD, *Dentalium septentrionale* KUROI *opsis crenata* A. ADAMS, *L. tokaiensis* YOKOYAMA, *Pecten albicans* (SCHRÖTER), *Pat tokyoensis*, *Venericardia feruginea* (A. ADAMS), *Diplodonta usta*, *Pillucina lamyi* (C *Fulvia mutica* (REEVE), *Semeangulus miyatensis* (YOKOYAMA), *Caryocorbura venusta* である。

相模湾沿岸に分布する中部洪積統のうち，宮田累層に限って産出する種として，*Turritella Fulgoraria kamakurensis* OTSUKA, *Glycymeris yessoensis* (SOWERBY), *Diplodonta ust thaca adamsi* (REEVE), *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK), *Potamocorbula amurensis* (S をあげることができる。これらのうち，*Fulgoraria* を除くと，いずれも北緯35°以北の冷水 生息する種である。

宮田累層からは少数であるが *Cymatium subpyrum* YOKOYAMA の産出をみる。これは相 は二宮層（大塚，1929），及び長沼層（大塚，1937）からのみ知られる種である。しかし，宮 は，二宮層，長沼層から豊富に産出する *Pecten albicans naganumanus* YOKOYAMA は全 い。この種は暖水系要素と看做されており（坂倉，1935），宮田累層中に本種を見出すことが は，後で詳しく述べるように本累層が冷水要素に富む結果と思われる。

2. 生息底質別にみた内容

各群集を構成する軟体動物を，それぞれが生息する底質によって岩礁・礫底種，砂底種及び け，集計したものが表3である。*Siphonalia fusoides* (REEVE) のように砂底，泥底に生息 底種，泥底種の双方の区分に入れ ある。

表3　底質別生息種の割合

(%)

群集＼底質	岩礁・礫	砂	泥
7	13	54	33
6	29	55	16
5	21	61	18
4	21	52	27
3	25	55	20
2-(4)	32	52	17
2-(3)	31	57	12
2-(2)	28	54	18
1-(1)	25	55	20
1	21	59	20

いずれの群集でも砂底種が最も多 で岩礁・礫底種，泥底種の順にな 宮田累層堆積環境はかなり潮通しの であったことが推定できる。

しかし，詳しくみると上宮田，一 集は泥底種の占める割合が比較的 事実はIIIで述べた両群集を含む層 致している。次で述べるように，上 の場合はその堆積深度が他に比べ ことがその原因と考えられる。一 *Batillaria cumingii* (CROSSE) の 底種，内湾・浅海底生息種を多産す ある。このような事実から，牧野 述べているように宮田累層の堆積環境はほとんどが砂勝ちであったが，一町田部層堆積期に入 内湾的となり，泥を多く含む砂が堆積する環境に移行したものと推定される。

3. 深度別にみた内容

図3は宮田累層の群集別 VDM 特性曲線（伊田，1956）を示したものである。この図によ

つの極大値をもつ群集と２つの極大値を持つ群集とがあり，上宮田群集を除くといずれも N_1（上浅海帯）において最大値をとることがわかる。

須軽谷，和田の里，一町田各群集はこのような VDM 特性曲線の特徴や，すでに述べたこれら各群集を含む地層の特徴からみて，上浅海帯（N_1）のような比較的浅い海底において形成されたものと推定することができる。内田群集は VDM 特性曲線が N_1 において極大値をとる。しかし，N_2, N_3 に生息する種をかなり多く含んでおり，上浅海帯（N_1）よりもやや深い海底において形成された可能性が大きい。

VDM 特性曲線が２つの極大値をとる津久井浜，三浦海岸群集には，潮間帯や上浅海帯に生息する種と亜浅海帯や下浅海帯に生息する種とが混在している。前者に属する *Crassostrea gigas*, *Anomia cytaeum* GRAY, *Homalopoma amussitatum* 等には殻の破損したものが多く，かつ殻表の磨滅がきわめて著しいのに反して，後者に属する *Homalopoma granuliferum* NOMURA & HATAI, *Fulgoraria kamakurensis*, *Nuculana yokohamai* KURODA, *Acila minutoides* KURODA & HABE, *Acesta goliath* (SOWERBY) 等の殻は薄質であっても破損したものが少なく，かつ殻表の彫刻も明らかに残っており，生息時の貝殻の色を残しているものもある。従って，これらの種が死後生息地から遠方へ運ばれた形跡は少ないように観察される。

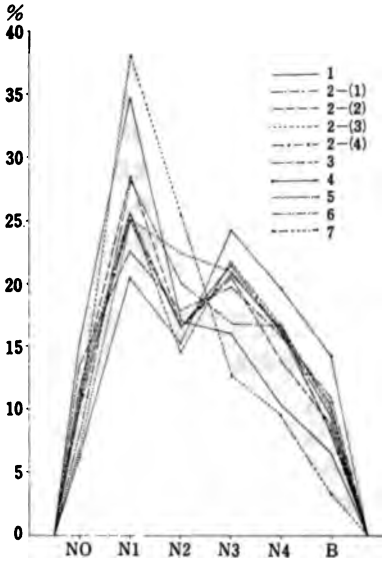


図 3　各群集の深度別分布曲線（VDM 特性曲線；伊田，1956），1～7 は群集の産地番号を示す。

このような事実から津久井浜，三浦海岸両群集は，主として亜浅海帯において，現地性の貝殻と上浅海帯のような浅い海底から落ちこんできた貝殻とが混ざり合って形成されたものとみられる。また，津久井浜における４層準の群集は VDM 特性曲線によっても大きな差異は認められず，この厚い化石層はほぼ同一の環境下において形成されたものと推定される。

上宮田群集も“混合型”を示すが，上浅海帯に生息する種よりも亜浅海帯に生息する種を多く含み，かつ下浅海帯に生息する種の割合は20%近くに達している。亜浅海帯及び下浅海帯に生息する種の全体に対する割合は43%に及び，他の群集に比べて著しく異なる。この事実から，上宮田群集は他のどこの群集よりも深いところで形成されたと考えられる。

以上のことから，宮田累層を堆積させた海域には津久井浜，鹿穴両部層を堆積させた亜浅海帯ないし下浅海帯のような深い部分のあったことがわかる。また，上で述べたような鹿穴部層に属する４群集の特徴から，鹿穴部層堆積期には，西に浅く東に深い海域が形成されていたものと思われる。

4.　冷暖の要素別にみた内容

宮田累層から産出する軟体動物化石のうち，現生種であって現在の相模湾から産出しないものとして次のものをあげることができる。

A：　相模湾より北の海域に生息する種

Acmaea pallida, *Puncturella nobilis* (A. ADAMS), *Glycymeris yessoensis*, *Diplodonta usta*, *Clinocardium californiense* (DESHAYES), *Spisula sachalinensis*, *Mercenaria stimpsom* (GOULD), *Protothaca adamisi*, *Potamocorbula amurensis*

B：　相模湾より南の海域に生息する種

Liotinaria solidula (GOULD), *Polinices flemingianus* (RECLUZ), *Trivirosta edgari* (SHAW),

Magilus antiqus MONTFORT, *Daphanella mitrellaformis* (NOMURA), *Strioterebra hedleyanum quadriaratum* (YOKOYAMA)

これらの種の産出個体数をみると，Aに属するものでは *Glycymeris yessoensis* 179個体，*Diplodonta usta* 157個体のように，1種当り の産出数が比較的多いのに対して，Bに属するものは1種当り 数個以の産出をみるのみである。このように宮田累層産の化石群集にはかなり親潮系の要素が強い。こうした傾向は相模湾周辺の第四系——長沼層，二宮層等には認められないことで，宮田累層がこれらの地層に比べてかなり特異な古生物学的内容をもつ地層であることを示しているとみることができる。

次に，宮田累層産の化石群集構成要素を親潮系冷水種（相模湾より 北方の 海域に限って 生息する種），黒潮系暖水種（相模湾以南に限って生息する種）及びその他（相模湾以南から 相模湾以北にかけて生息するもの。相模湾に限って生息する種もこの中に含める）に分け群集別にそれぞれの割合を求めると，親潮系冷水種は4～10%を占め，内田群集を除くと8～10%である。黒潮系暖水種は15～47%であり（表4），いずれの群集でも親潮系冷水種よりも黒潮系暖水種の割合の方が大きい。

表 4 冷暖水別要素の占める割合(%)

群集 / 生息型	1	2-(1)	2-(2)	2-(3)	2-(4)	3	4	5	6	7
冷 水	8	9	8	10	10	10	9	4	9	7
暖 水	23	34	37	32	47	38	19	33	25	15
その他	69	56	55	58	43	52	71	63	66	78
算定種数	48	87	95	100	108	112	48	24	32	27

このようにみると，宮田累層の化石群集は多数の黒潮系暖水種と少数の親潮系冷水種とからなる 混合群集であることがわかる。

親潮系冷水種は津久井浜群集（2―(3)）から僅かに産出する *Haustator fortilirata* (SOWERBY) を除くと，いずれも上浅海帯または潮間帯から中浅海帯のような比較的浅い海底に生息する種である。

黒潮系暖水種に属するものは *Homalopoma granuliferum*, *Acila minutoides*, *Crassatella oblonga* YOKOYAMA などのように，亜浅海帯や下浅海帯のような比較的深い海底にのみ生息する種や，*Zeux siquijorensis* (A. ADAMS), *Tucetonella munda* (SOWERBY) のように深い海底にも生息し得る種もある。堀越ほか (1971) は津久井浜群集を調べた結果，同群集が上部浅海帯 (upper sublittoral zone) にすむ親潮系冷水種と下部浅海帯 (lower s. z.) にすむ黒潮系暖水種からなる 混合群集であると 述べている。しかし，今回の調査（表1）によると上浅海帯のような比較的浅いところにすむ 黒潮系暖水種も多く混じっていることがわかった。これらの種の1種当りの個体数は一般には少ないが，*Homalopoma incarnatum*, *Bittium yokosukense*, *Ruditapes variegatus kioroshiensis* (HIRAYAMA & ANDO) などのように1種当りの産出個体数の多いものも混じっていることが指摘できる。

表5は SCHENCK (1945) が提唱した median of midpoints (以下 M・M という) を群集別，産出頻度別に調べたものである。すなわち群集ごとに，全種類について，産出頻度F以上の種について，同じくC以上の種について・・・・というように分け，それぞれのM・Mを示してある。この表によると 全種類について求めたM・M（表中 R+F+C+A+V の欄）の値は群集によって 31.13～34.25° の 間の値をとるが，33° 台を示すものが多い。この値は現相模湾の亜浅海帯における 軟体動物群集の M・Mの値 (OKUMURA, 1977) よりもわずかに高い程度である。しかし，順に産出頻度の高いものだけを取り出して求めたM・Mの値は次第に高くなる傾向がある（ただし，産出頻度Vのものについてはこの 傾向ははっきりしない。これは算定する種類が少ないことによるものと思われる)。

このことは産出個体数の多い種ほどその生息範囲が北に偏っていることを示している。すなわち，宮田

表 5 群集別，産出頻度別にみた Median of Midpoints

群集 ＼ 産出頻度別	V+A+C+F+R (全部)	V+A+C+F	V+A+C	V+A	V
7	33.50	33.50	33.25	33.60	33.50
6	34.25	35.25	36.25	38.00	39.00
5	31.13	31.13	34.50	36.00	35.00
4	34.00	35.82	35.96	36.25	36.13
3	33.37	33.75	34.25	36.13	37.50
2-(4)	33.58	33.75	36.25	36.00	35.00
2-(3)	33.67	34.63	36.25	36.00	36.25
2-(2)	33.75	34.00	36.00	36.75	36.25
1-(1)	33.38	34.63	35.43	35.00	35.00
1	33.04	33.17	33.08	33.38	33.00

層の最下部及び最上部に含まれる須軽谷，一町田両群集を除く宮田累層の堆積環境は比較的高緯度に生する種に適したものであったことを示すものと解される。このような傾向も二宮層群，長沼層等には認られないものである。

房総半島第四系で，親潮系冷水種と黒潮系暖水種との混合群集の成因について研究した生越（1959），寒流系の影響が一見上浅海帯にのみ及んだように思われるのは，季節による寒暖両流の消長度の差異上浅海帯を中心とする海底の浅所では大きく，亜浅海帯及びそれ以深の海底の深所ではあまり大きくなためであろうと考えられると述べている。

筆者らは上で述べたように，①親潮型冷水種の含有率がかなり高いこと，②亜浅海帯以深の海底に限っ生息する種はほとんどが黒潮型暖水種によりなるが，上浅海帯のように浅い海底に限って生息するものは親潮型冷水種と黒潮型暖水種とが混在していること，③産出個体数が多いものほど生息分布域が北にらなどの理由によって，宮田累層堆積の場では暖流の影響が支配的であったことは否定できないもの上浅海帯のような浅海部はかなり長期にわたって（貝類の成長期からみて例えば数年ないし10数年）におおわれ，それに引き続いて短期間暖流におおわれるといったような寒・暖流の消長のくりかえしったのではないかと考える。

田累層の初期と末期は寒流の影響は小さかったものと思われる。

V. 要　約

述べたことを次に要約する。

宮田累層産軟体動物化石群は一般に親潮系冷水種を高い割合で含み，相模湾沿岸に分布する中部洪中では特異な存在である。古生物学的特徴からは宮田累層を二宮層，長沼層と対比することは困難

田累層の堆積環境は，堆積期の中期にはかなり潮通しが良く，主として砂底に生息する軟体動物適していたが，末期にはやや内湾的で泥底に生息する軟体動物に適した環境に移行した。

田累層の軟体動物化石群には上浅海帯で形成されたものと，亜浅海帯や下浅海帯で形成されたもる。後者に属するものは上部浅海帯からの落ちこみによって生じたいわゆる混合群集である。

累層産の親潮系冷水種は主として上浅海帯のような浅海底の生息種である。亜浅海帯や下浅海きるものは黒潮系暖水種である。しかし，浅海底に生息していた黒潮型暖水種も少なくない。

ら宮田累層堆積の場は主として暖流の支配下にあったが，浅海帯はかなり長期に亘って寒流の受ける環境であった。

文　献

青木廉二郎 (1925)：三浦半島の海岸に就きて，地球，3(1)，101-111.

新井重三・高橋幸夫・坂本栄一・蟹江康光 (1971)：三浦半島，津久井浜におけるいわゆる化石床の成因について(予報)，横須賀市博物館研報，No. 17，1-11.

藤田至則 (1951)：宮田層の堆積機構，地質学雑誌，57(664)，21-28.

樋口　雄 (1953)：宮田層の有孔虫化石群について，地質学雑誌，60(703)，138-145.

堀越増興・小菅貞男 (1971)：横須賀市教育委員会特別保護区，津久井浜化石層の大型化石群集について（第一報），横須賀市博物館研報，No. 17，21-27.

伊田一善 (1956)：貝化石群集の特性曲線について，地調月報，7(2)，63-70.

池辺展生 (1931)：三浦半島南部の洪積層に就いて，武蔵野高校校友会誌，No. 16，9-48.

蟹江康光・大越　章 (1973)：三浦半島，宮田累層の層序について，地質学会80年大会演旨，No. 17.

KURODA, T. • T. HABE (1952) : Check list and bibliography of the recent marin mollusca of Japan, 1-210.

牧野　融 (1959)：宮田層の化石群集（その1），地質学雑誌，66，457.

生越　忠 (1959)：千葉県君津郡富来田町当日の地蔵堂砂層から産出する軟体動物化石の混合の型について，地質学雑誌，65(760)，31-45.

OKUMURA, K. (1978) : Molluscan fossils from the Ninomiya Group.（投稿準備中）.

奥村　清・吉田晴彦・加藤邦宜 (1977)：三浦半島宮田台地の第四系，地学雑誌，86(821)，33-46.

大塚弥之助 (1929)：大磯地塊を中心とする地域の層序について〔I〕，〔II〕，地質学雑誌，36(433)，435-456，(434)，479-497.

——(1935)：故山崎博士の三浦半島武山断層の地質学的考察，地理学評論，11，455-462.

——(1937)：関東地方南部の地質構造（横浜—藤沢間），震研彙報，No. 15，974-1040.

OYAMA, K. (1973) : Revision of Matajiro YOKOYAMA type mollusca from the Tertiary and Quaternary of the Kanto area, *palaent. soc. Japan*, special papers, No. 17, 1-122.

坂倉勝彦 (1935)：千葉県小櫃川流域の層序（その1），（その2），地質学雑誌，42(507)，685-712，754-782.

SCHENCK, H. G. (1945) : Geologic application of biometrical analysis of molluscan assemblages, *Jour. Paleont.*, 19, 504-521.

生物学御研究所編 (1971)：相模湾産貝類，741 p. 丸善.

杉村　新 (1964)：三浦半島の南下浦断層と武山断層，地質学雑誌，70，397.

吉田晴彦・加藤邦宜 (1976)：三浦半島南部の第四系，神奈川県教育センター長研集録，No. 11，31-40.

(1978年9月25日受理)

地学雑誌 88, 1 (1979)

東京大学総合研究資料館地史古生物部門所蔵 タイプおよび図示標本目録 第1部 1978 とタイプ標本の保存と目録

小 林 貞 一

Catalogue of Type and Illustrated Specimens in the Department of Historical Geology and Palaeontology of the University Museum, Univeristy of Tokyo. Part 1. Palaeozoic and Mesozoic Fossils. 1978, By Takeo Ichikawa and Itaru Hayami and Conservation and Catalogues of Type-Specimens

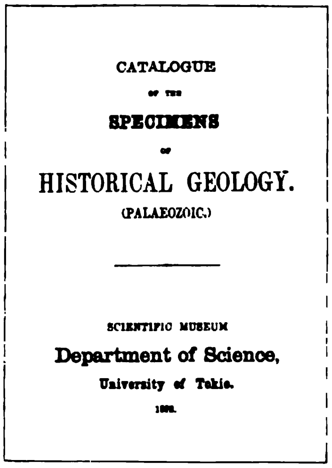
Teiichi KOBAYASHI

標記の近著は市川健雄・速水格の多年の労作に
よる東大所蔵化石目録で，第1部には古生代およ
び中生代化石が収録され，東大資料館標本資料報
告 第2号として近刊され，第2部は目下編纂中
である。本冊は396頁からなり，前の約3分の2
には，1891の横山又次郎以来のタイプ及び図示標
本が，著者のＡＢＣ順，論文の出版年次に従っ
て，標本各個について明細に記録されている。例
えば横山 (1891 a) の長門産植物化石（東大紀要
・巻について見れば MP6902. *Dictyophyllum*
iponicum Yokoyama, p. 243, pl. 33, fig.2
(Syntype) というように登録番号に始まり，Holo-
type, Paratype, Syntype などの区別，型の場
合には現品の国内あるいは海外での所在が記入さ
れ，紛失したものも記入されている。残りの3分
の1には，分類と地質時代で大別し，各部類の化
石種が ABC 順に列挙され，登録番号が附記さ
れている。まさにこの種カタログとしては最も正
確で形式が完備していて，極めて有益である。

本書の序を書いている花井哲郎は第二次世界大
戦の末期に東大へ入学したので，当時の学園疎開
から筆を起こしている。もし東大が爆撃され，疎
開していなかったとしたら，この資料は烏有に帰

していたのである。しかし疎開先から返送・開函・整頓するだけでも仲々容易でなかった。これを追想すると30余年後の今日こんな立派な目録が上梓されたのはまことに嬉しい。

省みれば日本にもこの種カタログには一世紀に近い歴史があるのである。その発端は恐らく Catalogue of the Minerals, Rocks, Fossils and Casts in Geological Department, Impe-


CATALOGUE

OF THE

SPECIMENS

OF

HISTORICAL GEOLOGY.

(PALAEOZOIC.)

SCIENTIFIC MUSEUM

Department of Science,

University of Tokio.

rial College of Engineering (Kobudaigaku), 1880であろう。私は本書を見たことがないが，工部大学は明治6年(1873)に工学寮として発足し，工部省工学校を経て明治10年に工部大学校となった。これはまさに東京大学設立の年で，東大理学部博物館は1881～84の間に，鉱物・化石・地史・岩石等の標本目録6種を逐次刊行しているがこれは皆外国からの購入標本であった。これに続いて東京教育博物館の鉱物標本目録 (1886)，帝国博物館自然史部門の鉱物・岩石・化石標本目録 (1891)，帝国博物館本邦産鉱物及岩石目録（和田維四郎出品）1896がある。そして1900，05には東京帝室博物館天産部海産貝類標本目録　岩川友太郎編　第1，2編がある[1]．

上記の理学部博物館目録出版後約40年の Museum Work の歩みは私には詳でないが，私が東大に入学した大正末期の地質学・鉱物学両教室は弥生門近くの赤煉瓦の建物中にあり，前者は3講座で第2講座所属の標本室に地史学・古生物学関係の標本が列品されていた。そのうちには工部大学から移管されたものや，創立当時よりも後に購入された外国標本もあった。これらの外国標本にも増して大事な横山・神保・矢部らのタイプを初め，未記載の貴重な資料も多量にあった。私は助手になって以来，国内標本を手始めにリストし始めた。後には外国産の追加標本を古い地史・古生物の標本の列に加える作業を進めた。これらの外国標本には欧米の著名な産地の topotype が多数含まれていて，現在では入手し難い逸品が少なくない。また萬国地質学会議前後の巡検で集められた海外資料も可なりあった。東北大学の地質学古生物学教室では所蔵標本をカードで整理していた。一時東大の第2講座を分担していた矢部は母校の標本整理を非常に喜ばれた。

約半世紀の昭和中にも標本に取って著しい曲折があった。赤煉瓦の教室は赤門横の理学部2号館へ移り，そこで山形県の大石田分室へ地史古生物学関係資料は疎開され，戦後2号館へ返送・再整頓された。そして更に現在の資料館へ移動した資料のうち中古生代化石のタイプカタログが漸く立派に上梓されるに至ったのが現段階である。

タイプ標本は古生物学上の根本資料でタイプ[illegible]を見ずには解決し得ない問題が少なくない。特に[illegible]手書きのスケッチと記載の簡単な古典的種類の場合には Type-revision が不可欠である。維新当時の日本産の古典的タイプには欧州の博物館に大事に保存されていて，私自身も再研究をしたことがあるし，またタイプの型を東大へ持ち帰ったこともある。

日本古生物学会25周年記念会に出版した [illegible] Survey of the Fossils from Japan Illustrated in Classical Monographs, Edited by T. MATSUMOTO, 1963，には1887～90の間に外国[illegible]出版された日本の化石の10論文の68図版が複刻され10名の専門家が再検討して説明を加えている。

東大の資料館では定永両一・豊遙秋の The Wakabayashi Mineral Collection, The University Museum, the University of Tokyo, Bull. No. 7, 1974がある。これに続いて速水格の A Systematic Survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan, Bull. 10, 1975[2]；速水格・加瀬友喜の A Systematic Survey of the Palaeozoic and Mesozoic Gastropods and Palaeozoic Bivalvia from Japan, Bull. 1[illegible], 1977；花井哲郎らの Checklist of Ostracoda from Japan and its Adjacent Seas, Bull. 1[illegible], 1977などがあり，何れも学術的価値の非常に高い作品である[3]。

国内にある化石のタイプ標本については，日本古生物学会の創立25周年記念出版物として Catalogue of Type-Specimens of Fossils in Japan, 422 p. Compiled by A. HANZAWA, K. ASANO and F. TAKAI, 1961があり，総数5856種が[illegible]されている。その後のものを追加すると今日[illegible]更に尨大な数になる。それのみでなく大学の[illegible]増し，大小多数の地質学或いは地学の教室がある。それらのところにタイプは分散している。[illegible]さい教室でも有能な研究者が貴重な研究をし，[illegible]事な標本を有しているところがあり，またその[illegible]とに適当な後継者が居ない為にタイプが遺憾な[illegible]

1) 日本地学欧文文献集　本誌 87(5)，40-69参照

2) 本誌 87(3)，53-54に詳しい紹介がある。

3) この Bulletin には西アジア洪積世人類ヒマラヤ植物などの報告もある。

うところもあろう。全国的に見れば，それ
うすればよいか，大きな問題である4)。
は設立当時理学部に科学博物館があり，
もあった。しかしそれらは夫々の教室の
分散して保存されるようになった。大戦
昭和25年に理学部2号館6教室の間で学部
自然研究館の設置を強く要望して設立準
が出来たが，その後人文・社会・自然科
野に亘る全学的な総合研究資料館設置の
より，昭和41年に遂に本館が設立された。
年を経て出版された大学内標本資料の概
資料報告1号，1976を見ると諸部局に収
いる資料は268万点以上に及んでいる。
のうちの233万点は動・植・地学関係の
った。他の総合大学にも尨大な資料が累
ることを考えると，国家的に見て若干の
に資料館が必要であると同時に如何にし
新しい大学に分散している資料を安全・
存するかも亦重要な問題である。学問の
うならば，欧米の大学で特に学内に博物
ているところ，例えば Yale 大学には Peabody Museum, Harvard 大学には Agassiz Museum がある。それらの Museum は近代科学の研究と研究者養成の必要上資料館が学問と不可分の関係にある分野である。そしてそれらのところには，古典的タイプが大事に保存されているのである。東大の資料館では諸部門が持ち廻って展示をしているが，昭和51年には Carl Peter THUNBERG (1943～1828) の来日200年記念の特別展示があり，Upssala 大学に保存されているタイプ標本も陳列されていた。

国力は世界一流になっても，欧米で育まれた近代科学が移植されて発展して来た日本では，文献では原典を見ずに孫引きですませる，また標本ではタイプを見ずに本の記載や図示ですませることに慣されて来た。しかしタイプが根本資料であることに間違いはないのである。それ故博物館あるいは資料館の設置は必要である。そして同時にそれが学問の進歩に直結するためには，ここで紹介したようなカタログを作り世界の学界の共有資料として内外の専門家に役立せることを忘れてはならない。

(昭和53年11月10日受理)

---

eologen-Kalender für die Jahre 1913
14. S. 224–271には Geologische Sam-
mlungen. Uebersicht があり，当時の欧
諸大学，博物館の地質資料の分布が展望
来る。

書評と紹介

木村正昭：噴火と大地震，187頁，図60，表8，東京大学出版会，1978年

地震と火山噴火の相互関係について，地震エネルギーがマグマ溜りを刺戟して噴火を促すという説と，地殻岩石中における歪の蓄積過程で噴火が生じ，歪が地殻破壊強度を超えたとき地震が発生するという説がある。これを時間的にみると前者が地震発生後に火山噴火，後者が噴火後に地震発生の順序となる。地震発生機構はまだ解明されていず，両説とも場合によってそれぞれ成立すると考えられるが，本書は後者の立場に立脚する著者の理論で貫かれている。

著者は元来，海洋地質学者であり，相模湾における海底地質調査研究を通じて，海底に走る相模構造線を提唱し，これと伊豆大島三原山の噴火の周期性との関係に着目した。本書の前半には著者が準拠する理論と，三原山噴火孔底観察記録が述べられる。その仮説はプレートテクトニクス理論にもとづいていて，平易かつ明快である。すなわち，東方から太平洋の地殻が西へ移動しつつ，日本列島及び四国海盆の地殻を圧迫するとき，圧迫された地殻内部のマグマ溜りは圧縮されて，内部のマグマが噴出する。これが三原山の噴火である。さらに圧迫がすすみ，地殻内部の歪が極限に達すると，地殻弱処の相模構造線が動いて歪を解放し，大地震が発生する。この仮説にもとづけば，三原山の噴火状況が巨大地震発生の先駆であり，噴火孔におけるマグマの昇降が，地殻内に蓄積される歪のバロメータになる。

そこで，著者は早稲田大学探険部，関東圏地震予知調査グループと協同で，数年間，三原山火孔底観測に従事した。この作業には，リモコンのミニヘリコプターを使用して火孔底を撮影したり，火口壁にロープをわたしてルツボでマグマを採取したり，ロープ1本に身を託して火口内に降りるなど多彩であり，この部分は興味深い記述となっている。

後半は，以上の仮説にもとづいて，日本列島及び世界の巨大地震と噴火の時間，空間関係を述べる。このなかでは，阿蘇・霧島火山活発化→日灘地震→桜島噴火の顕著な周期性がとくに印象である。これらの例を通読すると，なかにはいさか牽強付会の感がある部分もあるが（トルコ震とギリシヤのサントリーニ火山など），大地は応力歪の解放現象であり，火山活動パターン応力歪の蓄積につよく影響をうけているらしいとが理解される。

これまで，地震についての一般的な科学読物解説書は多いが，火山と大地震との関係につい統一的に記述した書は稀であろう。その意味も，本書は一読する価値があると思われる。

（井上英二）

野村哲編：群馬県の地質をめぐって，198頁，980円，1978年11月，築地書館

自然界の探究にあたっては自然の姿をすなおみることが何といっても最も大切なことで，のような探究の立場が尊重されるからこそ自然そのものが最もすぐれた教科書であるともいわる所以であろう。ことに地形や地質の探究には外観察が基本であり，地学上の知識が深まればまる程，野外観察が一段と重視される。本書は外において群馬県の地形および地質を探究するめの手引きとして著述されたものである。本書まえがきに述べられているように群馬県は種々地質年代の地層が分布しているうえ，火山体もり地質構造は複雑で，地質学的には貴重な，そて興味深い諸事実の多い地域と考えられ，このうな地域の適切な巡検書の出版は自然科学の振上，極めて大切なことといえる。

本書の内容は群馬県の地形，地質の概要の説から始まり，群馬県の地質の生いたちにふれ，馬県の地学上の特色が把握できるようになってる。続いて各地域の説明が記述されているが，れらは初心者でもよくわかるように親切にきめまかく取り扱われて，この類の書として立派でる。つまり各地域とも初めにその地域として何観どころとしているか，また地形図にはどんな幅を必要とするか，またその地域の交通関係，して巡検のための適切なコースが指摘してあるかりではなく，各観察地点ではかなり専門的な

象がごく平明に理解できるようになっていることが特色といえよう。そして取り扱われた地域は台地から群馬県境の古期山地やさらに火山体にまでわたり，地形上，地質上興味深い諸地域の地学的内容が要領よくまとめられている。挿入されている図，写真は本書の内容を理解させるのに一層役立っている。本書を読み終って感ずることは本書の編纂に協力された多数の方々の長年にわたる努力が随所にあらわれているように思われることであり，本書を広く推薦いたしたい。（前田四郎）

萩原幸男：地球重力論，242頁，1978年，共立出版

地球の重力に関する理論的問題をモロデンスキー流の新しい考え方も含めて教科書的に説明している。従って，重力異常やジオイドなどの物理測地学的意味を明確に整理しておく上で役に立つ本である。

さらに，コンピュータの進歩とともに発展してきた重力異常による地下構造解析，そして地震予知で注目されている重力の時間変化等も取り上げ解説している。また，測地学的問題としては，人工衛星の軌道解析が取り上げられている。重力に関する研究の最近の動向を知る上でも役立つであろう。

ただ，この種の本の常として記述が数学的にならざるを得ない。若手の研究者は，本書を特に物理測地学の教科書として使うことができるだろうし，専門外の人は細かい数式は別として重力異常等の概念を明確にするために使えるだろう。

（石原丈実）

協会記事

役員候補者推薦委員会（昭和53年12月２日）

出席者：式委員長，岩生，神戸，小関，佐野，虎岩，浜田，前島，三井の各委員。

議　事：

1. 互選により委員長を選出し,議事に入った。
2. 会長１名，評議員15名，監事１名の各候補者を選出し，評議員会に報告することにした。
3. 互選により下記３名の選挙管理委員を決定した。

　岩生周一，佐野浚一，三井嘉都夫

理事会（53年度第５回，昭和53年12月５日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，佐藤，式，前島各理事。

議　事：

1. 下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。
　入会：川崎　茂
　退会：牧山鶴彦（逝去）
2. 会員，図書，会館の各委員会の設立に必要な内規を作ることとし，その原案作成にそれぞれ各理事が分担してあたることとした。
3. 事務職員の給与規程の原案を作成することにした。
4. 事務局の人事は，庶務担当理事の所管であることを確認した。
5. 来年度予算編成のための基礎資料について，木村理事から説明があった。
6. 定款第13条一と第17条３の改正原案を決めた。
7. 会館建築に関する件
　(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。
　(2) 長期融資について審議した。

定款検討小委員会（昭和53年12月11日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤，湊の各委員。

議　事：

1. 総会成立の定足数，理事の定員，評議員の任期などについて意見が交わされた。
2. 起草案作成には川上，岩生両委員があたることにした。

理事会（53年度第６回，昭和54年１月９日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，式，前島各理事。

議　事：

1. 下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。
　入会：大塚裕之
　退会：江原栄太郎
2. 理事会の運営内規ならびに理事の分担内規の原案を一部修正の上，決定した。
3. 各常置委員会の規程，ならびに関連する細則の改正については，次回までに原案を作ることにした。
4. 事務職員の給与退職金支給細則の原案について質疑を行ない，審議した。
5. 来年度予算編成の問題点について審議した。
6. 会館建築に関する件
　(1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。
　(2) 長期借入金申込書の内容を諒承した。
　(3) 銘板の形式を決定し，その図案，材料は平山建築研究所に一任することにした。
　(4) 調度品の選定について審議した。
　(5) 定礎式，竣工式について審議した。

編集委員会（昭和54年１月10日，於私学会館）

出席者：式委員長，井上，川上，神戸，五条，前島，前田の各委員

議　事：

1. 地学雑誌28巻２号の編集について審議した。
2. 創立百周年記念号のテーマについて「地学的調査の現状と動向(仮題)」としては如何という提案があった。
3. その他地学雑誌として考えられるテーマについて意見を交換した。

第14回太平洋学術会議 Fourteench Pacific Science Congress 1979 (2)

10月下旬に第二サーキュラーが届いたので内容を略報する。

1．会議の中心課題　前記の通り

2．会議は次の14の委員会 Committees に分けて論議が進められる。

A. Conservation and Environmental Protection（環境関係）

B. Solid Earth Sciences（固体地球諸科学）

C. Geography（地理学）

D. Pacific Island Ecosystem（太平洋の島嶼生態系）

F. Marine Sciences（海洋諸科学）

G. Coral Reefs（珊瑚礁）

H. Botany（植物学）

I. Forestry（林学）

J. Fresh Water Sciences（淡水諸科学）

K. Entomology（昆虫学）

L. Social Sciences and Humanities（社会・人文科学）

M. Public Health and Medical Sciences（衛生学・医学）

N. Nutrition（栄養学）

O. Science Communication and Education（科学情報と教育）

因みに各 Committee は Sections に，各 Section は更に Symposium に小分けされて論議が進められる。Committee の Chairman, Co-chairman（ソ連側），Scientific Secretary（ソ連側），及びSection の Convener は既に決定している。

その他の行事として，

I．巡検 1) 9月6日—12日，ハバロフスク—モスコー—レニングラード—モスコー (373 roubles) 2) 9月6日—15日，ハバロフスク—タシケント—サマルカンド—ブハラ—モスコー(499r.) 3) 9月6日—14日，ハバロフスク—モスコー—トビリシー—エレバン—バクー—モスコー(501r.) 4) 9月6日—15日，ハバロフスク—モスコー—キエフ—ソチ—モスコー(506r.)

II．その他展示，各種文化事業（演劇，音楽，映画等）が Lady's program と共に催される。

III．使用語　ロシア語と英語 plenary sessions では相互同時通訳つき。

IV．登録　8月19日午前9時より。登録票AとBを1979年5月1日までに送附のこと（AとBは第二報最後に附着の請求カード送附者に後送する）

V．スライド5×5cm，ナンバーを附すること

VI．アブストラクト提出　1978年11月1日まで（恐らく延期されるものと予期される）500字以内

VII．登録料　60US$　但し随伴者は 30US$ 1979年6月1日以前に下記宛に送ること。

Banking Account Nr, 4311404
City Branch of the State Bank
(Gosbank), Khabarovsk, USSR

会議に関する総ての通信は次に向けられ度し，
Organizing Committee of XIV Pacific Science Congress, 12 Zhdanov Street, Moscow, 103045, USSR.

（なお，Second Circular は，日本学術会議学術課で目下請求中。同課大戸氏宛問合せられ度い）

以上の部会の他に，太平洋学術協会に付置されている各科学委員会 Scientific Committee の事務的及び学術的な会合も，各委員会の要望があれば開かれる。

このハバロフスク大会に関心を持たれる方は，夫々の関連の日本学術会議太平洋研究連絡委員会の委員に問合せ下さい。なお，第11期（昭和53—56年度）の研究連絡委員会の構成は

委員長　渡辺　光（地理），幹事　檜山義夫（水産），正井泰夫（地理），渡辺直経（人類），委員　琴野　孝（経済），鈴木次郎（地球物理），中野卓（社会），奈須紀幸（海洋），西村朝日太郎（人類学），日高孝次（海洋），三村　耕（獣医），森主一（医），渡辺厳一（医）

直結関係委員不明の場合には

〒106 東京都港区六本木 7—22—34　日本学術会議学術課太平洋研連係宛（電 03—403—6291）に御問合せ下さい。（渡辺　光記）

訃報及び紙碑

本協会々員　今野円蔵君は昭和52年10月３日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

本会会員，元静岡高等学校（旧制），九州大学，東北大学教授今野円蔵先生は，昭和52年10月3日，肺炎のため，79歳をもって逝去された。

戦前の先生のご研究は，朝鮮の平壌炭田の地質学的研究および二畳紀―三畳紀植物群，さらに中国東北部の二畳系に関する地質学的古植物学的研究に向けられ，とくに前者に対しては地質学会賞が贈られた。

戦後，先生は浅間一男博士および内藤源太郎氏の協力を得て，中国東北部，タイ，マレーシアの二畳紀，三畳紀および白亜紀植物群，およびカタイシア植物群とゴンドワナ植物群との比較研究に全力を傾注された。先生の古植物学的研究は，精緻をきわめたもので，とくに，日本を含む東亜の資料を用いられ，古～中生代の有節目，うらじろ科，やぶれがさうらぼし科および球果目の繁殖器官の構造を明らかにされた。その成果は世界の古植物および植物学関係者の間できわめて高く評価されているとともに今後の古植物学の研究に一大指針を与えられた。また日本からはじめてプレウロメイアを記載され，三畳紀初期の日本とユーラシア大陸との植物地理的関係を明らかにされた。

先生のお手許には，未公表の資料がなお多く残されているおりから，先生のご逝去は斯学発展のため惜しまれてならない。先生のご略歴やくわしいご業績については，北村信および浅間一男両博士により紹介がなされている（地質学雑誌，第83巻，第12号）。　　　（木村達明）

本協会会員　牧山鶴彦君は昭和53年11月28日，病気のため新潟市の自宅で逝去された。ここに謹しんで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

理学博士牧山鶴彦君は昨年11月28日脳内出血のため逝去された。君は明治３年熊本県に生れ，昭和２年東京帝国大学理学部地質学科を卒業，同年台湾総督府技手ついで技師に任ぜられ，殖産局鉱務課に勤務，島内の地質調査，特に油・ガス田調査に従事した。昭和18年陸軍技師に任ぜられ陸軍南方燃料廠南スマトラ工廠の地質科長として終戦に至るまでスマトラ全域の油田地質調査の企画・指導に当った。復員後は昭和22年より30年まで新潟県技師として県内の地下資源，特に石油，天然ガスの調査に従事し，傍ら昭和25年より48年に至る間新潟大学講師として理学部地質学科の燃料地質学講座を担任した。また昭和31年より38年に至る間帝国石油株式会社顧問として主として新潟県内の天然ガス鉱床の探査に当った。それははじめは水溶性天然ガスが対象であったが，その間その開発に伴う地盤沈下現象の解明に努め，さらに構造性ガス鉱床の平原下における存在の探究を指向するに至った。なお昭和41年以降天然ガス鉱業会新潟支部技術委員長，次いで新潟県天然ガス協会嘱託として業界に学術上の指導を与えて来た。このように君はその後半生を天然ガス鉱床の研究・探査・開発に捧げて来たのであって，新潟県におけるこの方面のパイオニアの一人であり，かつ終生そのすぐれた指導者の一人であった。（三上知芳）

本協会会員，元評議員　石田竜次郎君は昭和54年１月11日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

追　記

なお，故石田竜次郎会員の紙碑を次号に掲載する予定です。

本協会会員，監事　神山貞二君は昭和54年１月24日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

追　記

なお，故神山貞二会員の紙碑を次号に掲載する予定です。

本協会会員，元評議員　中本明君は昭和54年１月24日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

中本明会員の逝去を悼む

本会元評議員，元北海道大学工学部教授中本明君は，昭和54年１月24日午前４時５分鎌倉市清川病院で，脳軟化症のため逝去された。享年70歳。

同君は山口県萩市の出身で，明治41年11月１日生れである。佐渡鉱山長であった父ト中本英彦氏



訂 正 と お 詫 び

下記の通り，誤字がありましたので，正誤表を添付して，お詫び申し上げます。

		誤	正
p.60	左段最終行目	‥‥された。君は明治3年‥	‥‥明治34年‥‥
〃	右段上から23行目	‥‥であった。(三上知芳)	(三土知芳)

地学雑誌編集委員会

任札幌鉱務所へ赴任し，ついで，技術課長，副長・所長として，下川・千歳・寿都・手稲などの諸鉱山の開発や復興のために非常に努力された。同君は，米国の鉱業界と鉱山地質学教育の実情を視察するために渡米され，各地の鉱山現場や大学・研究所を訪ね，帰朝後学会で報告され，大方の感銘をうけた。

昭和36年には，かつて調査研究された蘐張平地泉付近の雲母・燐灰石鉱床の研究（渾源窰（コンゲンヨウ）鉱床について）をまとめられ，北海道大学から理学博士

査結果や経験がうまく噛み合って進歩するものである。これらの両面の知識を兼ね持合せる研究者は得難い。資源問題が重視されて来たわが国の学界が，同君を失ったことは誠に痛恨の極みである。

ここに謹んで哀悼の意を表し，ご冥福を祈る次第である。

ご遺族は元子未亡人と，嫁がれたまり子さん，由美子さんである。ご住所は鎌倉市御成町 17-17

（渡辺武男）

Journal of Geography
Vol. 88, No. 1 (829), 1979

地学雑誌 第829号 昭和54年2月20日印刷 昭和54年2月25日発行
編集兼発行者 式 正英
発行所 社団法人 東京地学協会 東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102 電話東京(261)0809番 振替口座東京 66278番
印刷所 一ツ橋印刷株式会社 東京都品川区上大崎 3-12-15

東京地学協会

会員名簿

——訂正分——

昭和53年11月11日 現在

1978

社団法人 東京地学協会

東京都千代田区九段南 4-5-11
電話 03(261)0809

員名簿　(1978年11月11日現在)

名誉会員・名誉評議員・顧問・役員・評議員

名誉会員　小倉　勉　　大橋良一　　辻村太郎
Thomas B. Nolan　　石井清彦　　小林貞一

名誉評議員　飯本信之　　三土知芳　　和達清夫
坪井誠太郎

顧　問　川北禎一

役　員
会長　坪井誠太郎
副会長　末野悌六　　保柳睦美
理事　片山信夫　　木村達明
佐藤光之助　　式　正英
前島郁雄　　神山貞二
監事　岡山俊雄

評議員
青柳信義　　有末武夫　　池辺展生
石岡孝吉　　井関弘太郎　　磯見博
市川正巳　　岩生周一　　大杉
片山信夫　　河野義礼　　河村
木内信蔵　　岸本　実　　木村達
木村敏雄　　蔵田延男　　倉持文
高坂晴男　　小林　勇　　佐藤
佐藤　久　　佐藤光之助　　佐野浚
式　正英　　末野悌六　　関原
高橋浩一郎　　虎岩達夫　　中野
根本忠寛　　能登志雄　　早川
藤本治義　　保柳睦美　　前島
松本達郎　　宮久三
山本

各種委員会 (1978年11月11日現在)

地学雑誌編集委員会

委員長	式 正英			
委員	安斉俊男	井上英二	井関弘太郎	川上喜代四
	河村 武	神戸信和	五条英司	佐藤 正
	諏訪 彰	西川 治	前島郁雄	前田四郎
	矢沢大二			

行事委員会

委員長	前島郁雄			
委員	金窪敏知	佐藤 茂	佐藤 正	増沢譲太郎
	吉田栄夫			

日本地学史資料調査委員会

委員長	小林貞一			
委員	石山 洋	今井 功	岡山俊雄	川上喜代四
	木村敏雄	後関文之助	諏訪 彰	土井正民
	湊 秀雄	渡辺武男		

将来検討委員会

委員長	末野悌六			
委員	伊藤和明	岩生周一	尾崎 博	片山信夫
	神山貞二	川上喜代四	木村達明	斉藤正次
	坂倉勝彦	佐藤光之助	式 正英	虎岩達夫
	西川 治	平山 健	保柳睦美	前島郁雄
	湊 秀雄	森本良平	矢沢大二	渡辺 光

定款検討小委員会

委員長	渡辺 光			
委員	岩生周一	川上喜代四	斉藤正次	佐藤光之助
	湊 秀雄			

地殻開発小委員会

委員長	佐藤光之助			
委員	伊藤和明	岩生周一	川上喜代四	虎岩達夫
	西川 治			

会館建築委員会

委員長　片山信夫
委　員　木村達明　坂倉勝彦　平山　健

百周年記念事業募金委員会

委員長　保柳睦美
委　員　荒川洋一　池辺　穣　岩生周一　川上喜代四
　　　　斉藤正次　佐藤光之助　虎岩達夫

会員名簿訂正分 (1976年4月1日以降1978年11月11日まで)

退会者

氏名	退会年月日		氏名	退会年月日	
飯野丹次	52. 11. 27	死亡	多田文男	53. 3. 15	死亡
上谷慶次	51. 9. 14	〃	谷元正敏	52. 12. 14	退会
江口元起	53. 3. 4	〃	土田定次郎	51. 11. 21	死亡
大炊御門経輝	52. 12. 3	退会	中尾清蔵	51. 6. 20	〃
大木謙一	52. 10. 31	死亡	畑井小虎	52. 9. 12	〃
太田良平	51. 12. 31	退会	早坂一郎	52. 8. 19	〃
小山一郎	52. 1. 4	死亡	平田茂留	52. 6. 22	〃
笠井恵祐	51. 6. 7	〃	尾留川正平	53. 1. 21	〃
木村繁成	52. 10. 19	〃	松井　健	51. 12. 31	退会
斉藤文雄	51. 12. 31	退会	向井久一	51. 12. 31	〃
下平文男	52. 12. 31	〃	森　群平	52. 12. 26	〃
西水孜郎	52. 12. 31	〃	吉田一郎	52. 12. 14	〃
鈴木達夫	53. 10. 8	死亡			

入　会　者

賛　助　会　員

会社名	所在地	入会年月
資源開発株式会社	東京都渋谷区恵比寿 1-18-14 星和恵比寿ビル (446) 9111	昭和51年5月
ミネラル工業株式会社	東京都中央区八重洲 1-9-9 東京建物ビル (271) 7156	昭和53年11月

正　会　員

あ

名	学位	出身校	専門	卒業年次	郵便番号	住所	勤務先
木 正 博	理	東　大	地鉱	昭52	174	東京都板橋区桜川3の12の10 メゾン桜川 (933) 0793	東京大学教養学部
川 洋 一		東北大	地鉱	昭18	182	調布市入間町1の16の5 (308) 4337	帝国石油（株）

い

名	学位	出身校	専門	卒業年次	郵便番号	住所	勤務先
山 敏 道	理	東　大	地鉱	昭26	214	川崎市多摩区三田1の3の1 生田住宅4の201 (044) 933-5723	東京大学理学部
辺　積	理	京　大	地鉱	昭19	194	町田市成瀬2709の19 (0427) 23-3104	石油資源開発（株）
素 介	理	東　大	地理	昭32	146	東京都大田区久が原5の33の24の403 (751) 5411	明治大学文学部
基 裕	理	東　大	地鉱	昭19	181	三鷹市井の頭1の27の2 (0422) 48-1633	三菱石油開発（株）
昇		東　大	地理	昭33	162	東京都新宿区矢来町28 (268) 2824	お茶の水女子大学
久 義	理	東教大	地鉱	昭35	300-31	茨城県新治郡桜村並木4の931の104 (0298) 51-3452	筑波大学地球科学系
暉	理	東　大	地鉱	昭45	891-01	鹿児島市谷山塩屋町702の28藤絹600の623 (0992) 67-4120	鹿児島大学理学部

う

名	学位	出身校	専門	卒業年次	郵便番号	住所	勤務先
保 郎	理	京　大	地鉱	昭13	520-31	滋賀県栗太郡栗東町東坂 (07755) 8-0025	
村　讓		広島大	地鉱	昭34	753	山口市宮野上48の40 (08392) 8-0116	山口県教育庁総務課
邦 臣		北　大	地鉱	昭16	164	東京都中野区中野5の52の15の803 (389) 3528	（財）吉田科学技術財団

え

名	学位	出身校	専門	卒業年次	郵便番号	住所	勤務先
毅	理	東北大	地鉱	昭37	193	八王子市狭間町1464の1 八王子狭間住宅2の401 (0426) 64-4235	東京都土木技術研究所

お

名	学位	出身校	専門	卒業年次	郵便番号	住所	勤務先
串　融		東　大	地鉱	昭31	167	東京都杉並区井草5の12の15 (394) 4961	同和鉱業（株）
北一郎	理	北　大	地鉱	昭24	176	東京都練馬区小竹町1の28 (955) 7683	地質調査所

小川勇二郎	理	東大	地鉱	昭48	815	福岡市西区長尾2の29の1の207	九州大学理学部
沖亨		九大	地鉱	昭18	244	横浜市戸塚区上倉田町1805の35 (045) 864-0054	インドネシヤ石油（株
奥野隆史	理	東教大	地理	昭39	300-12	茨城県稲敷郡牛久町田宮番外1の121 (02987) 3-0535	筑波大学地球科学系
小野有五	理	東教大	地理	昭50	300-31	茨城県茨城県新治郡桜村並木2の109の102 (0298) 51-5286	筑波大学地球科学系

か

片田正人	理	東大	地鉱	昭26	213	川崎市高津区下作延2084 (044) 833-3046	岩手大学教育学部
甲藤次郎	理	東北大	地鉱	昭20	780	高知市升形8の40	高知大学文理学部
金尾直敬		九大	地鉱	昭23	185	国分寺市東戸倉2の23 (0423) 21-5880	金属鉱業事業団
金窪敏知		東北大	地理	昭28	156	東京都世田谷区松原3の26の12 (322) 5914	国土地理院
兼平慶一郎	理	東大	地鉱	昭28	281	千葉市稲毛海岸5の5の37の401 (0472) 43-8389	千葉大学理学部

き

北村信	理	東北大	地鉱	昭20	980	仙台市宮町4の4の51 (0222) 22-6858	東北大学理学部

く

久城育夫	理	東大	地鉱	昭37	330	大宮市日進町1の0大宮第二住宅1の203 (0486) 67-2808	東京大学理学部
鯨岡明	理	東大	地鉱	昭21	181	三鷹市下連雀4の15の33の511 (0422) 44-9298	石油開発公団
黒田和男	理	京大	地鉱	昭29	171	東京都豊島区長崎1の18の19 (957) 5712	地質調査所

こ

小村幸二郎	理	熊本工専	地鉱	昭23	158	東京都世田谷区上用賀4の15の1の101 (420) 8274	金属鉱業事業団
籔口善美		広島大	地理	昭40	184	小金井市貫井南町3の2の7 (0423) 83-1479	駒沢大学文学部

さ

斉藤祥		千葉大	地鉱	昭31	283	東金市北之幸谷1,107 (04755) 2-8503	国土地理院
佐田公好	理	広島大	地鉱	昭37	734	広島市翠町1,132 グリーンシャトー203 (0822) 55-8351	広島大学総合科学部
定永両一	理	東大	地鉱	昭18	164	東京都中野区中央3の18の16 (369) 4768	東京大学理学部
佐藤恭		東大	地鉱	昭21	180	武蔵野市吉祥寺東町2の24の25 (0422) 22-2592	同和鉱業（株）

し

清水　勇	理	九　大	地鉱	昭19	140	東京都品川区南大井6の18の1の425 (765) 5425	住友建設（株）
白木敬一	理	名古屋大	地鉱	昭39	498	愛知県海部郡弥富町大字前ケ須新田字午新田535	名古屋大学理学部

す

朱雀智介		東　大	地鉱	昭15	236	横浜市金沢区柳町20の6 (045) 782-3271	(株)ダイヤコンサルタント
諏訪兼位	理	東　大	地鉱	昭26	465	名古屋市名東区猪高町高針梅森坂52の347 (052) 701-2970	名古屋大学理学部

た

高島　清	理	東北大	地鉱	昭21	168	東京都杉並区久我山3の12の17 (333) 1591	地質調査所
高橋伸夫	理	東教大	地理	昭44	300-31	茨城県新治郡桜村吾妻4の103の202 (0298) 51-3498	筑波大学
竹内常彦	理	東北大	地鉱	昭10	157	東京都世田谷区成城2の24の8 (416) 0963	地学文献センター
田代正之	理	熊　大	地鉱	昭35	780	高知市朝倉甲670の5 (0888) 43-3698	高知大学理学部
立見辰雄	理	東　大	地鉱	昭14	184	小金井市桜町2の1の23の202 (0423) 83-8946	日本大学文理学部
種村光郎	理	地質調査員養成所	地鉱	昭21	191	日野市平山1の1の2 (0425) 92-3677	三重硝子工業（株）

つ

恒石幸正	理	東　大	地鉱	昭39	168	東京都杉並区和泉3の47の8 (323) 5485	東大地震研究所

て

寺田　稔	文	立正大	地理	昭50	241	横浜市旭区柏町3の1 (045) 364-0883	立正大学文学部

と

土井正民	理	東　大	地鉱	昭15	248	鎌倉市西鎌倉2の12の13 (0467) 31-6681	広島工業大学

な

中川久夫	理	東北大	地鉱	昭28	982	仙台市宮沢金剛沢 (0222) 45-2631	東北大学理学部
中野光雄	理	広島文理大	地鉱	昭24	737	呉市三条1の13の25 (0823) 21-4346	広島大学理学部

に

西村蹊二		東　大	地理	理26	180	武蔵野市中町3の17の18 (0422) 53-3566	国土地理院

の

野上道男	理	東大	地理	昭36	156	東京都世田谷区船橋7の8の2の1102 (484) 5133	東京都立大学
野田浩司	理	東北大	地鉱	昭40	300-31	茨城県新治郡桜村竹園3の202の103 (0298) 51-4974	筑波大学地球科学系

は

早坂祥三	理	東北大	地鉱	昭27	892	鹿児島市吉野町11,119の3 (0992) 43-8080	鹿児島大学

ひ

肥田昇	理	北大	地鉱	昭19	980	仙台市川内 川内住宅5の406 (0222) 25-3714	東北工業技術試験場

ふ

藤原健蔵	理	東北大	地理	昭29	730	広島市牛田本町6の1の7の303 (0822) 21-9661	広島大学総合科学部

ま

増田富士雄	理	東教大	地鉱	昭49	300-31	茨城県新治郡桜村並木2の123の301 (0298) 51-0554	筑波大学地球科学系
松尾秀邦	理	東北大	地鉱	昭24	921	金沢市弥生1の26の7 (0762) 41-2275	金沢大学教養部
松沢明	理	京大	地鉱	昭18	150	東京都渋谷区神山町28の9 (467) 7997	石油開発公団

み

水谷伸治郎	理	名古屋大	地鉱	昭31	465	名古屋市名東区代万町2の21 (052) 702-0646	名古屋大学理学部

も

茂木睦	理	東北大	地鉱	昭31	153	東京都世田谷区南烏山2の7の11の306 (307) 7468	金属鉱業事業団
森慎一		横浜国大	地鉱	昭48	242	大和市福田5088 (0462) 67-3973	平塚市博物館

や

山野隆大		日大	地理	昭44	310	水戸市千波町千波原2830 (0292) 41-1469	茨城県立水戸南高校
山内秀夫	理	東教大	地理	昭39	371-01	群馬県勢多郡富士見村小暮350の1 (0272) 88-4556	群馬大学教育学部

よ

吉田善亮	理	東大	地鉱	昭12	180	武蔵野市吉祥寺北町1の31の24 (0422) 22-8817	清水建設（株）

東京地学協会取扱い出版物

$\frac{1}{5万}$ 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円
〒 400円

上松
足尾
厚田
阿仁合
赤穂
秋葉山
岩内
飯田
今治西部
伊予三崎
岩館
宇部
宇部東部
襟裳岬
渡島小島
飫肥
大垣
大迫
大畑
近江長浜
大屋市場
鬼鹿
尾花沢
小浜
蟹田
海南
唐津
冠島
霧島山
串本
鞍岡
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
田沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智
男体山
西方
沼田
鯖崎
八丈島
春立
羽幌
浜益
東茂住
燧岳
平戸
人首
船津
幌加内
本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
森吉山
門別
焼尻島
吉野山
呼子
留萠

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島
大村
奥津
大江山
鹿屋
上里
蝿ノ浦
加子母
金木
加治木
北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
川内
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦
肥前高島付野母崎
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

五所川原
田老
妹背牛
△横田
脇野沢

850円 〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

竹田
蓼科山

2,390円

〒 { 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750 }

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
伊良部島
岩沼
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
尻屋崎
竹貫
多良間島
鶴居
利島
富江
那珂湊
野尻
彦根東部
都城

八
陸奥川内
米内

各 1,510円
〒 450円

羽後和
知
大
館
多
▲津
飛騨古

各 1,840
〒 450

秋
上石
本
八が

各1組 600
〒 400

芦辺・勝本・
大槌・霞
大間・佐
阿田和・新
伊予高山・
掛塚・見

$\frac{1}{20万}$ 地質図　各 〒 300円（※近刊）

各440 円

石巻
大分
男鹿島
唐津
高知
野辺地
羽幌
松山
輪島
伊良湖岬

各 620円

青森
網走
酒田
新庄
標津
苫小牧
深浦
宮津
稚内

各 870円

岩内
天塩
広尾
尻屋崎

各 1,140円

根室
鳥取
剣山
斜里

各 1,310円

留萠
▲宮古島
知床岬
釧路
豊橋
野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎
旭川

2,350円

弘前および深浦

$\frac{1}{7万5千}$ 地質図説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首
高松
徳島
勿来

$\frac{1}{50万}$ 地

1,950

福

500円

八丈
奄美大

2,320

釧

以上〒 30

地学雑誌　隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 2 (830), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物

▲印新刊)

各〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
▲1/100万	日本地質図	4,690 〒500

海洋地質図　各〒400円

1/ 20万	(Ⅰ) 甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(Ⅱ) 対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(Ⅲ) 相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(Ⅳ) 相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(Ⅴ) 紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(Ⅵ) 紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(Ⅶ) 琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(Ⅷ) 西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(Ⅸ) 八戸沖表層堆積図	2,350
▲1/ 20万	(Ⅹ) 八戸沖海底地質図	1,970
▲1/100万	(Ⅺ) 日本海溝, 千島海溝南部	2,650

日本油田ガス田図	(Ⅰ)	青山與	820
〃	(Ⅱ)	横　浜	820
〃	(Ⅲ)	横須賀	820
〃	(Ⅶ)	魚　沼	3,410 〒750
〃	(Ⅷ)	本　宿	1,510
〃	(Ⅸ)	七　谷	820
〃	(Ⅹ)	茂　原	2,140
〃	(Ⅺ)	佐　渡	1,510
同上	説明書	佐　渡	1,510

日本水理地質図　各〒400円

(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	
(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	
(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	
(Ⅶ)	千葉西部	
(Ⅷ)	奈良県大和川流域	
(Ⅺ)	長野県松本盆地	
(Ⅻ)	兵庫県南西部	
(XⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	
(XV)	都城盆地	
(XVI)	仙台湾臨海地域	
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	
(XX)	鳥取県日野川流域	
(XXI)	福岡県矢部川中流域	
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,
(XXV)	島原半島	1,
(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,
(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,
▲(XXVIII)	福島県郡山盆地	1,

空中磁気図　各〒450円

(Ⅰ) 酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,
(Ⅱ) 稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,
(Ⅵ. Ⅶ) 気仙沼-岩沼-磐城-日立 鹿島-鴨川海域	1,
(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ) 厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,
(Ⅺ Ⅻ) 輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,
(XⅢ) 福井 豊岡-隠岐海域	
(XIV. XV. XVI) 豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1
(XVII, XVIII) 天北-十勝地域	

各〒450円(ただしⅠ, Ⅱ, Ⅲは都内550円

第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870

日本炭田図	(Ⅰ)	常磐炭田図ならびに説明書
〃	(Ⅱ)	北松
〃	(Ⅲ)	留萌炭田大和地区
〃	(Ⅳ)	常磐炭田泉地域
〃	(Ⅴ)	釧路炭田新鶴別地域
〃	(Ⅵ)	石狩炭田空知区東芦辺地域
〃	(Ⅶ)	釧路炭田北西部
〃	(Ⅷ)	雨竜一留萌
〃	(Ⅸ)	佐世保市南西部新
〃	(Ⅹ)	新潟県赤谷
〃	(Ⅻ)	佐世保市西南部地域ならびに説明書
〃	(XⅢ)	天北炭田地質図 天北炭田炭層対比図炭柱図

Geology and Mineral Resources of Japan

〒都内 600円　第一地帯 720円

第二 〃 820円　第三 〃 920円

並製 3,780円



写真1 北海道紋別沖大陸棚の海底(水深 148m)。微細粒砂の 海底一面に 群棲するクモヒトデ類とカニ。



細粒砂の海底（水深 123m）に分布する海鰓類，いずれも南東側になびいていることから，
北西方向への底層流が推定される(北海道紋別沖大陸棚)。

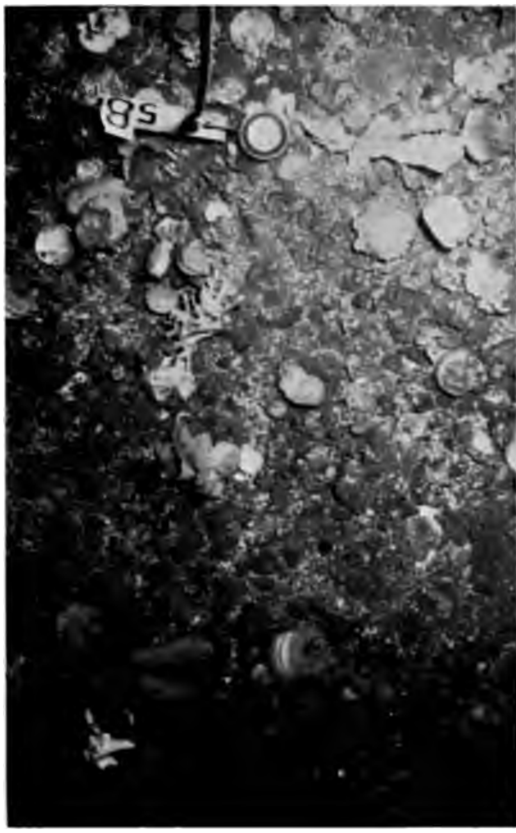




写真 3 (上左)紋別沖大陸棚露岩地帯(水深 116m)に生息する二枚貝カミオニシキ Chlamys islandica erythrocomata (DALL) の生態。貝殻表面は海綿に覆われており, 殻の半分を砂に埋めている。

写真 4 (上右)紋別沖大陸棚 (水深 50m) における巻貝エゾキリガイダマシ Neohaustator fortilirata (SOWERBY) 群集。

北海道オホーツク海沿岸大陸棚の海底写真

View of the sea floor on the continental shelf in the Okhotsk Sea, off Monbetsu, Hokkaido

海洋光工学の技術的な発展にともなって, 最近では海洋地質の分野でも海底写真撮影による海底岩石の産状, 底質分布, 海底露頭等の観察が容易に行われるようになった。さらに海底写真は海水の懸濁状態や底棲生物の分布・生態をわれわれに示して, 海底における堆積環境がいかなるものかを教えてくれる。従来, 陸上の地層中にみられる堆積構造や, 化石の産状から, 過去の堆積環境を推定してきたが, このように現実の海底状況が明らかにされてくると, これまでなされた推定の当否が問題となってくる。日本の古第三紀層中には, しばしば Turritella の密集層が発見されているが, 写真4のように, これと同類の巻貝が現実に密集して生息しているさまを眼でみるのは, これがはじめてではないだろうか。

これらの写真は, 地質調査所が実施している特別研究「日本周辺大陸棚海底地質総合研究」の一環として, 1978年7月, 北海道オホーツク海沿岸の表層堆積調査を地質調査船「白嶺丸」(金属鉱業事業団所有)で行ったときのものである。海底撮影は全採泥点で行われた。

撮影装置は米国 Benthos 社の Utility camera で, これをスミスマッキンタイヤ型グラブの枠に取付けたものである。海底上2m にカメラ付きグラブが降下すると, まずロープで吊したコンパス付の錘が着底してカメラのスイッチが入り, フラッシュが発する。写真中の上方にみられるのはコンパスである。撮影直後にグラブは着底して, 底質を採取する仕掛けである。フィルムはコダック・プラスエックス ASA 125, 絞りは8。今後の底質調査は, このように観察と採取が同時に行われるようになるであろう。

1978年7月, 木下泰正・井内美郎・西村昭・井上英二撮影。Photo by Y. Kinoshita, Y. Inouchi, A. Nishimura and E. Inoue

地学雑誌 88, 2 (1979)

日本の古代より近世に至る地質学と関連学の発達史

後 閑 文 之 助

Historical Study of Geology and its Related Sciences from Ancient to Modern Age in Japan

Bunnosuke GOKAN

Abstract

Japanese historical and geographical literatures, the Kojiki, the Nihongi, the Fudoki etc., were edited in the 8th century. Studies of minerals, rocks and fossils at that time were done on the basis of the Honzō (Pen-Tsao), Chinese ancient pharmacy. Since the 17th century studies of the Honzō were settled in Japan and progressed independently. With the development of the Japanese industry in the end of the 18th century, the Meibutsu-gaku, or the Bussan-gaku, learning on natural material or product, originated from the Honzō. On the other hand, since the end of the 17th century, Western natural sciences were transmitted to Japan through Dutch Commercial Office in Nagasaki. The eastern sciences such as the Honzō and the Bussan-gaku resulted in the establishment of the modern geology in Japan together with the western sciences.

I. 古 代

先史時代の考察は考古学にゆずり，本稿では記文・伝承の上から古代における地学関連事項を検討してみることにする。

「古事記」，「日本書紀」によれば，国土の創造は，天地のはじめの時，高天原の神に天之御中主神，高御産巣日神，神産巣日神の三神があり，国稚く浮脂のごとく水母ただよう時に，諸神によって天と地が分れ，動植物が現われたとある。天神の命令で国を修理めよとの任務を負った伊耶那岐神と伊耶那美神は，国土産によって淡路の穂の狭別の島（淡路），伊予の二名の島（四国），隠岐の三子の島（隠岐），筑紫の島（九州），伊岐の島（壹岐），津島（対馬），佐渡の島（佐渡），大倭豊秋津島(本州）の八島を生み，日本を大八島の国と呼んだ。そしてさらに，吉備の児島（岡山県），小豆島（香川県），大島（山口県），女島(大分県)，知訶島（長崎県），両児島（不明）の六島を生み，国造りが完了したという。

国土ができて，伊耶那岐・伊耶那美の両神は，神柱をなし，鉱物に関係のある神としては，石工の神たる石土毘古神，山の神たる大山津見神，玉の神たる天明玉命を生んだ。日本書紀によれば，伊耶那岐尊が左手で白銅鏡を持ち給う時に化り出る神ありてこれを天照大神といい，右手に白銅鏡を持ち給う時に化り出る神を月生尊という。

編者注）本論説は後閑文之助氏の原文を地質調査所地質部の今井功氏が校訂，整理にあたって作成したものである。従って文責は今井氏にある。

天照大神は素戔鳴命の暴状を責めようとして，身を十握剣・九握剣・八握剣で武装したという。黒川真頼著の「工芸資料」には，櫛明玉命はよく玉を作り，八坂瓊の玉を天照大神に献じたと記してある。天照大神が天石窟に入った時に，天香山の上枝に玉を五百個懸け，中枝には八咫の鏡を懸けて祈った。この八咫鏡の製作には，石凝姥をもって冶金となし，天香山の金を掘ったという。素戔鳴命は出雲国簸の川の岸に降って，八岐大蛇が八甕の酒を飲みに入った時に，十握剣を抜いてこれを斬り，尾の中から草薙剣を得たという。以上の八坂瓊玉・八咫鏡・草薙剣を三種の神岐という。素戔鳴命は朝鮮から渡来した金と銀とを非常に好賞し，「韓国の島は金・銀あり，我が児の居る国に浮宝（船）あらば未是佳也」と言い，子の五十猛尊を伴い，埴土で作った船で朝鮮に渡り，砂金採取に従事したという。

鉄については，神武記に鉄工鉄器の記文が多い。出雲国簸の川の上流沿岸では，足名椎・手名椎などの一族が砂鉄を採取しており，また古志族（恐らく朝鮮人）が神戸川の築堤に従事している（出雲風土記）。その後砂鉄作業が盛となり，その首長の八俣遠呂智が鉱場を争ったことは，古事記・古語拾遺・出雲風土記で知り得る。

器物名	原料名
石器	安山岩・讃岐岩・玄武岩・黒曜石・花崗岩・斑糲岩・閃緑岩・砂岩・粘板岩・珪岩・蛇紋岩・各種片岩・粘土
土類	〔人工品〕 石英・砂・砂岩・長石・粘土
金属器	金・銀・銅・鉄・鉛・錫
玉類	硬玉・碧玉（出雲石と云う）・水晶・玉髄・琥珀・瑠璃・瑪瑙

玉については，工芸資料によれば，瓊明杵尊は葦原中国に降下して，櫛明玉命の工を若干人伴って日向国に来り，宝玉を作るようになってから盛になったといわれる。

上記した器物名と原料を記すと左のごとくである。

なお，天明4年（1784）に福岡県志賀島で百姓甚兵衛が田の溝に埋もれていた金印を拾ったが，これは中国からの品とわかり，当時の大名の黒田家に保存された。この金印は後漢の光武帝（57）の時のもので，当時の日中交流の一端をうかがうことができる。三国志や魏志倭人伝には，邪馬台国の鉱物として，金・銀・真珠・青玉・丹などが書かれている。

II. 上　世

1. 大和・奈良時代

1）日本に渡来した中国の地質・鉱物・化石の知識

神仙学

中国を統一（B.C. 210年頃）した秦の始皇帝は，他に求むるものがなく，不老不死の薬を欲求した。前漢の司馬遷の「史記」の封禅書には，「秦の始皇帝天下を併するに及んで海上に至る。始皇は自ら行くことができず，童男童女をして海に入りて之を求めしむ」とある。斉の徐市（または徐福）は童男童女と日本に来て紀伊国の熊野に上陸した。この時多数の技術者や医師が多くの書物を持参したので，中国の科学が日本に伝わるようになった。徐福の子孫の陳寿の「三国志」には，徐福の子孫は数万戸に達し，時々貿易のため日本に来る，とある。同じことが後漢書の「東夷伝」にもある。日本書紀によれば，推古帝10年（602）に百済の僧観勒が来て暦本・天文・地理ならびに遁甲方術書を奉る，とある。

漢の武帝は神仙学を信じ，方士の李少君を重んじていた。李少君は元光2年（B.C. 133）に釜を作り，中に丹沙を入れて熱すれば丹沙は化して黄金となるべく，黄金をもって飯器とすれば生命は長く，後に封禅すれば生命は不死であると説いたので，武帝はこれを信じた。後世，本草書で薬を上・中・下に分け，上薬として丹沙を黄金の先に置いたことの源はここから始まる。

神仙学の内容は後漢の末期に変わった。すなわち，災異や占星術は地質学とは関係ないが，長生術を伝えた左元放一派が鉱物薬を重視したことは注意すべきで，こうした学風は元放の後，葛玄・鄭隠を経て，晋の葛洪に至って大成された。

葛洪は多くの著書を著したが，主なるものは「抱朴子」である。これは内篇20篇，外篇50篇からなり，内篇は養生延年・禳邪却禍を述べ，外篇は人間の得失や増否を論じ，神仙伝には古今の神仙92人の伝記を集めている。以前の書には植物を対象とするものが多かったのに対し，葛洪は鉱物を重視して抱朴子を執筆した。それは東晋の元帝の建武元年（313）であった。

葛洪の従祖の葛公が左元放より伝受されたものを葛洪が編したものに，「金液丹経」1巻，「大清丹経」3巻，「九鼎丹経」1巻がある。九鼎丹経の九丹とは，華丹・神丹・神符・還丹・餌丹・鉛丹・柔丹・伏丹・寒丹の9種で，黄帝がこの薬を服して昇天したといわれている。金液丹経にみる金液の功能は9丹に減じない。その要点は，「草木の薬は之を埋むれば腐るに，丹沙は焼けば水銀となり積変して還丹沙となる。其植物と異なり神秘的である」にある。これは水銀を化して黄金を得ようとする「錬金術」の計画と同じであった。抱朴子内篇巻四金丹のうち，第一丹である華丹の製造法は還金の方法である。華丹は玄黄を作る。雄黄水は一銖を用いて汞を作る。鹵塩・戎塩・礬石・牡蛎・赤石脂・滑石・胡粉，各数十觔。六一泥をもってこれを封じ，火すること36日にして成る。また240銖をもって水銀100觔に合し，これを火すれば黄金となる。

抱朴子の仙薬を順に書くと，丹沙・黄金・白金・諸芝・五玉・雲母・明珠・雄黄・大乙禹餘糧・石中黄子・石桂・石英・石脳・五硫黄・石粭・曾青・松柏脂・茯苓・地黄・麥門冬・木巨勝・重樓・黄蓮・石韋・楮実・象実・象柴であって，鉱物が第一位であった。

当時の神仙家は鉱物化学者で，丹沙の神秘性から水銀による混汞法を発見し，また鉛の中に融けこんだ金を，鉛の灼によって他の夾雑物から分つ灰吹法を初めて見出した。神仙家の社会的地位は高かった。

本草学

初期の本草書がいかなるものであったかは，唐の武徳5年（622）に編輯された「隋書経籍志」中の鉱物に関係ある書籍から知ることができる。

神農本草8巻（この註に，梁には以下の本があったが亡びたとある）・神農本草経5巻・神農明堂図1巻・神農本草属物2巻・蔡邕本草1巻・華陀弟子呉晋本草6巻・陶隠本草10巻・隋費本草9巻・秦承本草巻・王季璞本草経3巻・要鈔10巻・陶弘景神農本草経集注7巻・本草経利用1巻・桐君薬録3巻（この註によれば，梁には次の書があった）・雲摩将軍徐滔新集薬録4巻・李当子薬録1巻・薬法42巻・薬律3巻・対薬3巻・薬忌1巻。

「神農本草経集注」は本草学の基調書で，後年曲直瀬正貞らが校訂した「集中本草」7巻によれば，巻一序録，巻二は玉石部（神農本草より46種，夕医別録より20種）である。すなわち，上品：玉泉・玉屑・丹沙・空青・緑青・曾青・白青・扁青・石膽・雲母・石鐘乳・朴青・消石・芒青・礬石・滑石・柴石英・白石英・五色石脂・太乙餘粮・禹餘粮。中品：金屑・銀屑・水銀・雄黄・雌黄・陽起石・凝水石・石膏・磁石・玄石・理石・長石・膚石・鉄・生鉄・鉄青・剛鉄。下品：青琅玕・礜石・特製礜石・方解石・蒼石・土陰孽・代赭・鹵鹹・大塩・白塩・白堊・粉丹・錫・粉錫・銅鏡鼻・銅弩牙・金牙・石灰・冬灰・鍜釜灰・伏龍肝・東壁土・五符。

「新修本草」は唐の高宗の勅命で蘇敬など22名が編輯した大作で，品名と実物との比較考証の必要から図を付している。顕慶4年（658）に完成したが，斉明天皇朝には日本でも愛読された。その後中国では亡びたが，幸い日本に10巻残っている。鉱物関係は三，四，五の3巻で，巻三は天保年間（1830—1843）に小島学古が日本の古書を抜萃して良書にしあげたという。巻四，五は仁和寺にあって，その玉部の上品・中品・下品は集注本とほとんど変っていない。

「本草拾遺」10巻は，唐の陳臓器が開元27年（739）に新修本草に洩れている品種を記入して編輯したものである。李時珍は本書を激賞して，陳臓器でなければ書けないと言ったが，戦乱で亡失し，ただ宋・元・明の書にその引用文を見るのみである。

陰陽五行説

陰陽五行説は中国に古くから存在した思想である。天地は二元の陰陽と五行元とからなって次の如し。五行は木火土金水，五色は青赤黄白黒，五方は東南中西北，五時は春夏土用秋冬，五常は仁禮信義智（以下略）。これを鉱物に適用したものを二元の例でみると，石は気の核，土の骨。大は岩巌となり小は細塵となる。精は金や玉となり，毒は礬や砒となる（以下略）。この考えは日本でも長く行なわれたが，易者の使用が最大であった。

山海経

山海経は古代中国で物産志・博物志として書かれたもので，山経と海経とからなる。山海経がいつ出来たかは不明であるが，晋の郭璞の註に鉱物名116で未詳とあり，日本のことは「倭は燕に属す」とあって，日本が中国に知られた頃と思う。山海経は，南山経3篇，西山経4篇，北山経3篇，東山経4篇，中山経12篇の他に，海外経4篇，海山経4篇，大荒経5篇あって，全39編である。山経は五蔵山経ともいい，鉱物と化石はこの山経のみにある。次の如し。

金・玉・黄金・水玉・赤金・白金・沙石・白玉・丹東・青雘・青雘・砆石・博石・水・丹臒・血玉・流石・銅・磬石・丹・瑂琈之玉・嬰垣之玉・銀・白金・礜・黄玉・采石・嬰・珪・璧・藻玉・青碧・雄黄・石涅・涅石・美玉・堊・青硫黄・玉膏・玄石・玉栄・瑾瑜之玉・青石・文玉石・瑤碧・石・玄玉・茈碧・碈石・冷石・玉苔・砥砺・茈石・赤銀・砺・文石・磁石・美赭・赭・玄𪉈・沙・黄堊・礜石・碧玉・嬰石・青碧石・箴石・美石・白堊・水碧・鋈・圭・龍骨・黒青黄堊・天嬰・砺石・礌石・硅・瑠石・涂石・怪石・摩石・美堊・錫・金錫・珪絲・璥石・珪緑・鹿石・檀丹・鳴石・珚石・麦石・青堊・錞于玄石・琅玕・白珉・白珠・赤錫・砥石・美洞・冷石・圭璧・流赭・金石・琗。

2）日本における中国科学の消化

大和・奈良時代の初期は中国科学書の輸入と消化の時で，日本ではまだこのような科学書は編まれなかった。允恭天皇3年（414）に新羅より金武が来て，天皇に漢方による薬を奉った。以来，朝鮮を経由して中国本草が日本に伝えられた。雄略天皇3年（439）に日本に帰化した高麗の徳来や，欽明天皇15年（554）に日本に帰化した知聰の子の善那使臣が内外の科学書を献じたが，当時は朝鮮でも中国の神仙学・本草学・陰陽五行説・山海経などが盛んに行なわれていた。

京都の仁和寺の新修本草巻十五の終りに，「天平三年歳次辛未七月十七日書生田辺史」の記入のある書籍がある。大日本古文書巻三に収められている正倉院文書の写章疏目録によると，新修本草二帙二十巻とあり，これが天平二十年六月十日に写されたことがわかる。新修本草は広く利用されていた。聖武天皇の天平15年（743）に，大仏の製造が定められ，天平感宝元年（749），日本産鉱物で鋳造された大仏が奈良の東大寺に創建された。

正倉院御物中の鉱物と化石

幸いなことに，奈良時代に用いられた鉱物と化石の実物が奈良の正倉院に保存されている。昭和9年(1934)刊の帝室博物館編「正倉院御物御棚別目録」には次のものが記されている。

寒水石・太一禹餘粮・龍骨・白龍骨・赤石脂・鐘乳床・亡硝・雲母粉・戎塩・雄黄・白石英・琥珀・滑石・青礞石（鉱石数種の中に青礞石の墨書あり）・錫薬・紫石粉・銀泥・丹

これらの品は，勝宝8年（756），聖武天皇の供養に当り，孝謙天皇と光明皇后が先帝の御用品を東大寺の仏前に献進した時に，その中に含まれていた薬60種である。東大寺本願聖長施設御願文が付せられて書かれた薬用鉱物と化石は次の如くである。

朴消（七斤），寒水石（十八斤八両），理石（五斤七両），禹餘粮（一斤九両二分），太一禹餘粮（二斤十二両），龍骨（五斤十両），五色龍骨（七斤十一両），白龍骨（十斤），似龍骨石（二十七斤），青石脂（六両），赤石脂（七斤二両），鐘乳床（十斤），芒硝（百二十七斤八両），石塩（九斤三両），雲母粉（九両），密田僧（八斤十両），戎塩（八斤十一両）

物産鉱物学

古代から奈良時代までは鉄を輸入し，次は金・銀・銅で，歴代の朝廷は鉱産物の加工業を奨励した。大陸より鉱工人が移住し，日本人もこれを学んだので，宝石や装飾品・鉱物の採取と精錬・陶器の製作・石材の採取と彫刻等が進んだ。このため大和の朝廷は部の制度を設けて物産業を補助した。

金が初めて産出したのは孝謙天皇天平21年（749）で，陸奥の小田郡（宮城県）から朱牟須米（百済人）が採取し，戸浄山（唐の帰化人）が精錬した。以後，岩手・宮城などで砂金が出，鉱石の産額も増した。山師の親方は蝦夷の阿倍一族で，時頼・貞任・宗任の富は巨大であった。やがて産地は全国各地に広がっていった。「続日本紀」巻一には天武天皇２年（674）９月，豊後国より真朱（辰砂のこと）を献じたとあり，豊後風土記には海辺郡の条に山から朱砂（水銀のこと）を取ったとある。

この時代の物産鉱物の名は次の如し。

金・銀・銅・鉄・錫・鉛・水銀・水晶・普通石英・瑪瑙・硬玉・碧玉・石油・亜炭・白礬・雄黄・雌黄・硫黄・雲母・金青・金剛砂・空青・白青・緑青・辰砂。

これを物産品名と部制度で示すと右表のようになる。

物産品名	制度の部名
装飾品及祭具	玉作部・鉱作部
金工品	鍛部・金作部・金部・忌鉄部・鋳銭部
陶器	土師部・陶部・泥部・杯部・土形部
石工品	石材部・石作部・石部

これを産業別にすれば次の如くである。

産業別	鉱物名
鉱山業	金・銀・銅・鉄・錫・鉛・亜鉛・水銀・硫黄
金属加工業	金・銀・銅・鉄・錫・鉛・亜鉛・水銀
玉加工業	玉・碧玉・水晶・金剛砂・瑪瑙
窯業	石英砂・粘土・ガラス・青色料
顔料・塗料業	金砂・辰砂・雄黄・雌黄・空青・緑青・白青
石工業	石材

2.　平安時代

1）日本における中国の編輯書の消化

平安時代の約400年間は，中国大陸の科学をもっともよく日本で消化した時代と思われる。寛平年間(889—897）に藤原佐世が編輯した「日本国現在書目録」には次の書名がある。

神仙服薬食法経・神薬法・大清神丹上編・大清丹経・神仙合方・仙薬法・薬方入山服薬法・大清経・五山仙薬方・新仙新約法・石流丹方・孝子神仙服薬経・新修大清諸要大清治方・太一神丹清治方・老子教人服薬循常住山経。

また藤原通憲の「通憲入道書目録」には抱朴子がある。このように，当時は古来の神仙学・陰陽五行説などが盛んに行なわれていた。

2）日本人の研究

平安時代の初めから日本人の著書が生れた。和気広世は桓武朝に「薬経太素」２巻を撰しているが，その下巻に鉱物と化石がある。すなわち伏龍肝・龍骨・辰砂・丹砂・硇砂・蓬砂（明砂）・黄丹(鉛丹・鉛華)・砒霜（信砒・明信・人信・好信）・雄黄・雌黄・寒水石（凝水石）・石亭・滑石である。広世は和気清麿の子で，私宅を開いて弘文院を建て，典籍数千巻を学徒に公開した学者である。次に「大同類聚方」100巻は出雲広貞や安倍真直らが勅命で大同３年（808）に撰したもので，鉱物・化石も記したと伝えられるが，原書は佚亡しており，現在みられるものは後人の仮託書である。貞観年間(859--876)に菅原岑嗣らが勅命で「金鷴方」50巻を撰上した。これにも鉱物名・化石名がある由だが，佚亡して見られない。

深根輔仁（姓は滋根ともいう）は醍醐天皇の勅命により「本草和名」上下２巻を撰した。また勅命で延喜18年（918）に「掌中要方」と「類聚符宜抄」とを撰した。本草和名（輔仁本草という）は平安時代の代表的な本草書である。和名類聚抄の序文や仁和寺書目に本草和名の事が知られるのみで，久しく原物が見

られなかったが，江戸時代中期に多紀元簡が幕府の書庫でこれを発見し，頭注と序跋を加え，寛政8年(1796)に板行するに至った。本書中の鉱物・化石は次の如くである。

第三巻：玉泉・玉屑・丹砂・空青・緑青・曾青・白青・扁青・石胆・雲母・石鐘石・朴消・消石・芒消・礬石・滑石・紫石英・白石英・青石脂・赤石脂・黄石脂・白石脂・黒石脂・太一餘粮・石中黄子・禹餘粮

第四巻：金屑・銀屑・水銀・雄黄・雌黄・殷孽・孔公孽・石脳・石硫黄・陽起石・凝石・石膏・磁石・玄石・理石・長石・膚石・鉄・鉄落・剛鉄・鉄青・光明塩・緑塩・紫鉱騏驎竭・桃花石・珊瑚・石花・石牀

第五巻：青琅玕・礜石・特性礜石・握雪礜石・方解石・蒼生・土陰孽・代赭・鹵鹹・大塩・戎塩・白堊・鉛丹・粉錫・錫銅鏡鼻・銅弩牙・東壁土・石灰・冬灰・鍛釜灰・伏龍肝・礦砂・胡桐涙・薑石・赤銅屑・銅鉱石・石瓷瓦屑・烏古瓦・石燕・梁上塵。

この記載の一例は，石膏（一名細石，大宰備中に出ず），長石（一名方石，一名土石，一名直石，大宰に出ず）。

丹波康頼は円融天皇の命で本草和名の後およそ80年を経て「康頼本草」を編輯した。一例を記せば，丹砂（出伊勢飯高郡），空青（出近江国慈賀郡）などとある。康頼はさらに円融天皇の命で「医心方」30巻を天元5年（982）から永観2年（984）にかけて編輯した。鉱物名は第一巻にある。品種は本草和名と等しく，ただ密陀僧一種を増し，鉱物の漢名と和名と産地名とを記しているが，性質の説明はほとんどない。例えば次の如くである。

雲母（和名岐良良，出近江国陸奥国）

石膏（和名之良以之，出大宰備中若狭国）

3）日本における金の産出

陸奥の金の産出の事は奈良時代のところで記述した。安倍頼時・貞任・宗任の富は強大で，前九年の役(1051—62)に陸奥守源頼義が安倍一族と戦ったが，金山師清原氏の援助を得て，ようやく乱を治めることができた。しかしそれは安倍氏を清原氏に換えたのみであった。清原清衡は姓を藤原と改め，平泉に居城を構えて，ここに黄金文化を築きあげた。その富は朝廷をもしのぎ，天治元年（1124）に建立した中尊寺は金色堂をはじめ堂塔40余・僧坊500余に及んでいる。基平の建てた毛越寺はさらに大きく，装飾品は日本各地はもちろん，中国やアジア各地の貴品を集め，栄華をきわめた。その金堂（円隆寺）の本尊は当時の工芸の巨匠雲慶を京から招いて作らせたものである。いずれも金の威力であった。

藤原氏が経営した金山は，遠田郡以北の本吉，東磐井，気仙，閉伊，和賀の一帯で，このうち金を多産したのは，気仙郡の世田米，雪沢，今出山，玉山，本吉郡の御岳，津谷，栗原郡の高倉，和賀郡の大荒沢山などであった。この外に，日本各地から金山は盛んに開発された。

4）秘府略と倭名類聚抄

天長8年(831)，滋野貞主が勅を奉じて諸学者と共に秘府の古今の蔵書を證類し，「秘府略」1000巻を撰した。これは百科辞典である。中国の同類書「太平御覧」1000巻の完成は宗の太平興国8年(983)で，秘府略の方が早かった。現存している秘府略は，徳富（蘇峯）家にある百穀部の中巻と前田家にある布帛部3である。

「倭名類聚抄」(一般に倭名抄）は源順が百科辞典として承平年間(931—937)に編輯したもので，20巻，32部，249門からなる。これは当時の一般知識を知るのに大切な書で，鉱物・岩石・化石・人工品・動物なども含まれている。記載の一例は次の如くである。

〔巌石類〕巌　磐　石　鐘乳　消石　朴消　礬石　滑石　陽起石　凝水石　慈石　玄石　理石　桃花石　方解石　浮石　細石　砂　繊砂

〔塵土類〕塵埃　塳塊　糞堆　土塊　埴　堊　壚　涅泥

なお，これらは次のように記載されている。

〔磐〕陸司ガ云フ磐ハ大石也，音磐，和名以波，日本記ニ云フ千人ヲシテ引ク可シ，磐石和名知比木乃

以之。

〔石〕 陸司ガ云フ石ハ礬土也，常尺一反，和名以之。

この他にも多数の鉱山書や貨幣史書などに鉱物や岩石に関する記載があるが，本文では省略する。

5）火山と温泉

記文にみる火山の記録は多い。「日本紀」には天武天皇12年(684)10月14日の伊豆大島の噴火に始まり，翌年(685) 4 月の浅間山，天平14年(742)の薩摩の霧島山の噴火の記載がある。長文となるので，以下記文によりこの時代の噴火の回数をまとめる。

富士火山脈‥‥富士山 9 回，大島 2 回，浅間山 2 回，新島 1 回，神津島 1 回，三宅島 2 回

鳥海火山脈‥‥鳥海山 3 回

那須火山脈‥‥蔵王山 1 回

白山火山脈‥‥白山 1 回

阿蘇火山脈‥‥阿蘇山 2 回，鶴見 1 回

霧島火山脈‥‥霧島山 6 回，鹿児島信爾村海中噴火 1 回，開聞岳 6 回

合計14山38回

「続日本紀」により承和 5 年 (838) の神津島の噴火の例を記すと，7 月 5 日夜火を出し，上津島左右焼く，木葉は全部萎し，微細な降灰は，河中，参河，遠江，駿河，伊豆，甲斐，武蔵，上総，美濃，飛騨，信濃，越前，加賀，越中，播磨，紀伊の16国に及び，一般家庭の被害は甚大で，殊に農家は第一であったという。

温泉は養老年間 (717－723) の「伊豫風土記」によると，古代から入浴の記録がある。温泉発見の動機を動物の浴泉の例からみると，鶴：上の山 (山形)，温海 (山形)，古湯 (佐賀)，小河内 (東京)，城崎(兵庫)，嬉野 (佐賀)，砂石 (鹿児島)　鵜：山代 (石川)，湯河原 (神奈川) 鷺：道後 (愛媛)，山中(石川)，武雄 (佐賀)，勝見 (鳥取)，白鷺 (熊本) 鷲：草津 (群馬) 鷹：松ノ山 (新潟)，鷹ノ湯 (岡山と秋田) 鶯：鶯宿 (岩手) 雉子：七久里 (長野) 鳩：大牧 (富山) 鹿：峨々 (宮城)，酸ヶ湯 (青森)，鹿教湯 (長野)，湯ノ網 (茨城)，鹿ノ湯 (岐阜)，鹿部 (北海道)，山鹿 (熊本) 猪：猪戸 (静岡伊東)，栃木 (熊本) 那須湯本 (栃木)，小沢 (岐阜)，湯ノ山 (三重) 熊：野沢 (長野) 猿：俵山 (山口)，湯町 (山口)，寒ノ地獄 (大分)，平湯 (岐阜) 狐：白狐 (岐阜)，平湯 (岐阜) などである。

III. 中　世

1. 東洋科学の輸入

日本の中世は鎌倉・南北朝・室町・安土桃山の時代で，中国では南宋・元・明の期であった。鎌倉期には中国との公的交通はなかったが，僧侶や商人の私的交通があり，これによって中国の科学が日本に伝わった。文永の役 (1274) と弘安の役 (1281) で国交は止ったが，商人の貿易は許可されていた。

宋の本草学は沈滞期で，大観本草を基本とした重修本草以下の書が訂正・改刻されたが，これらは過大で実用に適さず，むしろ医薬利用の「簡易本草書」が編まれた。元では張存思の「重修證類本草」31 巻が編まれたが，この書は曹思孝の政和本草を校定し，これに寇宗奭の本草衍義を加えたものである。崇文書院で「経史證類大全本草」(大全本草とよぶ) を刊行したが，その内容は大観本草の復刊である。

明の寧献王は，宣徳年間(1426—1435)に金石草本の備うべきもの 521 種について産出・形状その他を記して，「庚申玉冊」 2 冊とした。王輪は弘治年間(1488—1505)に「本草集要」 8 巻を編した。また薛己も弘治年間に「本草約言」 4 巻を板行したが，この書は陶弘景以後16家の書物から日常必要品を輯録したものである。その他，陳嘉謨の「本草蒙筌」12巻，杭汪機の「本草會編」20 巻，繆希雍の「本草経疏」，李仲梓の「本草通言」，倪純宇の「本草彙言」などが編まれた。

明の李時珍は27年間の努力によって天正 6 年 (1578) に「本草綱目」52巻を完成した。本書は中国歴代

の本草学および経史諸子百家書から悉く参輯し，時珍の見識で評論したもので，374種の新種を増し，品物1892種について釈名・集解・気味・主治・修治・発明・正誤・附方の項に分説してある。昔から本草では薬を上・中・下薬に3分類したが，時珍はこれを廃して鉱物・植物・動物の自然分類となし，これらを16部に分ち，各部をさらに60類とし，つぎに正名を綱とし他の別名を目とした。

鉱物と化石は，水部2類（天水・地水）43種，土部1類16種，金石部2類(金・玉)44種，石部3類（石上・石下・鹵石附録諸石）119種である。化石については，

「石は気の核，土の骨で，大なるは岩巌となり，細なるは砂塵となる。気が凝れば結晶して丹や青となり，気が溶化すれば液体化して礬や汞となる。その変化の状態から言えば，或は柔から剛となり乳歯の石となるのはそれであり，或は動から静となり草木の石と化するのはそれである。鳥獣の大小の動物が石となるのは有情から無情に変じ，雷や星が隕ちて石となるのは無情から有情になるのである」と。

本草綱目によって中国の本草学は大成されたといえる。この他に嘉靖8年（1529）に編輯された王綸の「本草集要」8巻などの著書もあるが，本草綱目には及ばなかった。

2. 日本人の著作

中世の日本は戦乱が多く，上世に栄えた学芸は低落し，本草学は，医家が病を治すのに鉱物薬を用いてもその弁別や性能を第二義としたために，ほとんど進歩しなかった。

鎌倉時代の建治3年（1277）から永仁3年（1295）の間に藤原氏の編した「本朝書籍目録」(仁和寺目録）を見ると，本草学書はすべて平安時代のものである。鎌倉時代も末期になって，医師の梶原性全が嘉元1年（1303）に「頓医抄」50巻を，正和4年（1315）に「萬安方」62巻を撰述した。頓医抄の第四十九巻は「諸薬秘伝依本草」で，薬用鉱物が記してあるが説明はない。すなわち

〔玉石部上品〕 丹砂・雲母・玉泉・石鐘乳・礬石・硝石・芒消・滑石・石膽・赤石脂・黒石脂

〔玉石部中品〕 雄黄・石硫黄・磁石・陽起石

〔玉石部下品〕 石灰・礬石・砒霜・石燕・青琅玕

室町時代になって，貞治年間(1362—1367)に京都南禅寺の僧有林（または有鄰）は，「梵網経」にもとづいて「福田方」12巻を著した。第一巻の諸薬炮炙論の中に玉石部があって，丹砂・雄黄・雌黄・赤石脂・礬石・生金・陽起石・磁石・黄丹・唐丹の鉱物薬が記載されている。一例をあげると，〔雌黄〕 金色にして折片す可き者吉し，石薬也，但し売者は多く粉末になせり，黄色にて光あるは不用。

中世の最後には吉田宗桂を初め多くの名医本草家の著書があるが，実物は不明である。曲直瀬道三（ は一渓・号は雖知苦斎または盍静）は医者で，永禄9年（1566）に「日用薬性能毒」3巻を著し，177 の薬物を記した。道三は次に「宜禁本草」2冊を編した。その幹の巻に，鉱物としては玉・石・金・土 水が記されている。戦争の需要から鉱物資源の開発は進み，永正年間(1504—1520)には，神屋寿貞が南 絞法を，満田助右衛門は朱の製造法をそれぞれ中国から学んで伝え，その他は秘伝で世に行われた。

3. マルコ・ポーロの「東方見聞録」と日本の金

マルコ・ポーロ（1254年，イタリアのベニスに生る）はシルクロードを通って中国に至り，元の忽必烈の顧問となり，後に「東方見聞録」を編した。それによると「ジパング（日本）は支那の東方の海中に浮ぶきわめて巨大な島なり。ジパングの人民は頗る開化に達し，容貌はまことに美しく玉の如し。熱心なる仏教徒が多く，この国は連綿として独特の王者を有し，かつ無欠完全なる独立国家として総ての体制を完備している」とある。この国がいかに黄金国であったかについては，次のように述べられている。「王宮の屋蓋は隅々に至るまで純金をもって葺かれ，各室にある卓子の如きは厚い黄金板をもって作られており，その価は幾許なりや真に許り知るを得ず。而して王宮内の各室の床や通路などには一面に切石の如き金の延板を敷きつめてあり，その厚さは実に指2本を並べた程に分厚なものなり。また天井・窓などにも凡て金が張りつめてある豪勢ぶりであった（以下略)」。欧州では印刷術が発明され，「東方見聞録」は1477年に欧州各国に広まった。コロンブスが日本に来ようとしてアメリカ大陸を発見するより15年前であった。

鎌倉時代になると陸奥の砂金は大体掘りつくされて，坑内掘りの時となった。群雄諸侯は万難を乗りこ
:て金を採取した。山師はもちろんのこと，罪人，百姓・婦人・子供まで総動員され，従わない者は打首
:されるほどであった。天文年間（1532—1554）に加賀の丹羽長秀は倉谷金山を領し，天正年間（1573—
591）に前田利家は加賀の沢村金山と能登の宝達山の金で加賀小判を作った。金の価値を最もよく利用し
:のは豊臣秀吉で，領有していた摂津の多田金山の台所間歩（間歩は現在の坑道）の産金で豊臣家の経費
:まかない，他の金山から産出した金を惜し気もなく諸大名に与えた。しかし一方，上杉景勝が領してい
:佐渡金山を，御国替を命じて取りあげている。

4. 火山と温泉

記文にみる火山爆発は，以下のように長元5年（1032）の富士山から慶長6年（1601）の伊豆大島まで
07回である。

富士山4回：長元5年（1032），永保3年（1083），永正8年（1511）），永禄3年（1560）

大島5回：天永3年（1112），応永23年（1416），応永28年（1421），慶長5年（1600），慶長6年(1601)

三宅島5回：応徳2年（1085），久寿元年（1154），応仁3年(1469)，天文4年(1535)，文禄4年(1595)

八丈島4回：長享元年（1487），永正15年（1518），大永2年（1522），同3年（1523）

赤城山1回：建長3年（1251）

那須山3回：応永4年（1397），同15年（1408），同17年（1410）

浅間山6回：天仁元年(1108)，文明18年(1486)，大永7年(1527)，享禄元年(1528)，天文元年(1532)，
[illegible]長元年（1596）

岩木山2回：慶長2年（1597），同5年（1600）

白山4回：延応元年（1239），天文16年（1547），同17年（1548），同23年（1554）

霧島山13回：天永3年(1112)，仁安2年(1167)，寿永2年(1184)，文暦元年(1235)，大永4年（1524），
:文23年（1554），永禄9年（1566），天正2年（1574），同4年(1576)，同13年（1585），同15年（1587），
]16年（1588），慶長3年（1598）

阿蘇山54回：暦仁元年（1238），延応2年（1240），文永2年（1265），同6年（1269），同7年（1270）に
:4回，同9年(1272)には2回，文永11年(1274)，弘安4年(1281)，同9年(1286)，嘉元3年(1305)，正
'元年(1324)，元弘元年(1331)，建武2年(1335)に2回，延元4年（1339），興国元年（1340）に2回，正
:2年(1347)，天授元年(1375）に2回，同2年（1376）に2回，同3年（1377），元中4年（1387），同5年
.388)，応永4年（1397），同5年(1398)，永享6年（1434）に2回，同7年（1435），同9年（1437），同10
:（1438），文明5年(1473)，同16年（1484），永正2年（1505），同3年（1506），大永2年（1522），天文2年
l533)，同11年（1542），永禄元年（1558），同5年（1562），同6年(1563)，同7年（1564），天正4年(1576)，
| 10年（1582），同11年（1583），同12年（1584），同15年（1587），文禄元年（1592），慶長3年（1598）

桜島6回：応仁2年（1468），文明3年（1471），同5年（1473）に2回，同7年（1475），同8年(1476)

噴火の記文の例を述べると，富士山については「日本通記」に長元5年12月16日の噴火で火は峰より起
山脚まで熔岩が流出したとある。また「扶桑略記」には永保5年2月28日の噴火による燃焼は強く全く
:火であると記してある。大島については，「野史」に応永28年の爆発の響は雷の如くとあり，「神明鏡」
:は断続して噴火したという。

温泉については，仏教師の命名したものが多く，以下に僧名と泉名を列記する。

小角：龍神（和歌山県日高），五色（山形県南置賜郡），伊豆山（静岡県田方郡），入之波（奈良県吉野），
]沢仙人湯（長野県小県郡），谷津（静岡県田方郡）

行基：草津（群馬県吾妻郡），山中（石川県江沼郡），山代（石川県江沼郡），木津（京都府竹野郡），渋
長野県下高井郡)，深谷（石川県河北郡），東山（福島県北会津郡），栃尾又（新潟県北魚沼郡），吉奈（静
]県田方郡)，蓮台寺（静岡県教賀茂），塩之江（香川県香川郡），作並（宮城県宮城郡）

空海：修善寺（静岡県田方郡），出湯（新潟県北蒲原郡），法師（群馬県利根郡），吾妻（山形県南置賜郡），宇曾利山（青森県下北郡），潮之湯（三重県多気郡）

道智：地蔵（兵庫県城崎）

海草：古湯（宮城県刈田）

丹智：蔵館（青森県南津軽郡）

萬巻：熱海（静岡県賀茂郡）

夢想：底倉（神奈川県足柄郡）

空庵：禮湯（山口県大津郡）

月秀：上ノ山（山形県南村山郡）

玄翁：熱塩（福島県耶摩郡）

慈覚：湯村（兵庫県美方郡），湯郷（岡山県勝田郡）

性空：湯原（岡山県真庭郡）

泰澄：粟津（石川県能美郡），白山（石川県能美郡），中宮（石川県石川郡）

親鸞：赤倉（新潟県中頸城郡）

蓮如：角間本湯（長野県下高井郡）

IV．近　世

1．東洋科学の輸入

近世になっても初めは本草書が主要で，他書も伝わった。すなわち，佩蘭撰「本草滙」19巻，康熙5年(1666)刊。嘉定王雄撰「握霊本草」，康熙2年(1663)刊。劉雲密撰「本草述」32巻，康熙38年(1699)刊。陳士鐸撰「本草新編」5巻。張璐王撰「本草逢原」4巻，康熙34年(1695)刊。高世栻纂「本草崇原」3巻。倪朱謨撰「本草彙言」24冊。顧元交撰「本草彙箋」10巻，順治元年(1644)刊。何鎮撰「本草綱目類纂必読」20巻。徐霊胎撰「本草経百種録」3冊，乾隆元年(1736)刊。朱鑰撰「本草詩箋」10巻，乾隆4年(1739)刊。呉儀洛撰「本草従新」18巻，乾隆22年(1757)刊。汪訒菴編「本草備要」，乾隆50年(1785)刊。揚時泰撰「本草実鉤元」，道光22年(1842)刊。鄒潤安編「本草読疏」6巻，道光29年(1849)刊。鄒潤安編「本草疏證」12巻。

鉱山鉱物学は宋応星の著した「天工開物」(1637)に詳しい。これは当時秘伝であった技術的手法を明らかにした点で白眉であった。書中に冶鋳・錘鍛・燔石・五金・佳兵・丹青・珠玉の工程がある。この書は出版後，島原の乱で禁書となっていたが，後に許されて明和8年(1771)に備前の江田益英が校訂し，大坂で上梓して広く用いられた。

2．日本人の博物学的地質学・鉱物学の研究

1）本草学

吉田宗恂は医をもって豊臣秀吉と徳川家康に仕えたが，ことに本草に精しく，「本草序例抄」7巻を著した。この書は本草の備忘書で，本草の沿革・著者・難解語・本草書の序文や注意事項などを和文で記述してある。元和9年(1623)に上梓されたが，江戸前期に本草の入門手引書として歓迎され，その息子意安により寛永18年(1641)に重板されている。

家康は本草を奨励し，儒者の林羅山を重んじた。林羅山，名は又三郎または信勝，号は道春で，慶長12年(1607)に「本草綱目」を長崎で得て家康に献じ，この本草綱目の要所を抄出し，和訓を付して，慶長17年(1612)に「多識篇」（古今和名本草異名）5巻を京都の上村書肆から出版した。その第一巻が金属篇で，水部(天水9種・地水29種)・火部11種・土部60種・金部27種・玉部11種・石部88種，付録として諸石27種が記してある。記載の一例は次のようである。

銀・志呂加禰（しろがね）・異名白金・又云，沃金。銀鉚金云・志呂加禰乃末布（まぶ）・又云志呂加禰乃阿良加禰（あらかね）・老翁

銀。今案志呂加禰乃都流。生銀・那末(なま)加禰・又云阿良加禰・又云豆加良那留(つからなる)加禰。熟金・弥利(やり)加禰。銀箏・銀薄・銀液・黄銀・岐伊呂乃(きいろの)志呂加禰。

このように「今案云々」として自己の意見を別記し，薬学本草から離れた点は注目に価する。さらに羅山は寛文6年（1666）に「本草綱目序註」を著し，本草綱目の紹介につとめている。こうして，宗恂や羅山によって江戸初期の本草研究が開始された。本草学は以後家学または師弟関係で発達した。

向井元升(長崎の人)は医師で儒者を兼ね，本草家としても一代の白眉であった。彼は中村惕斎とともに動物・植物に精通していたが，鉱物の著書はなく，寛文11年（1671）に著した「庖厨備用倭名本草」12巻では動植物のみである。松下見林（京都の人）は医家で本草に精しく，寛文9年（1669）に本草綱目を校訂した。彼は「本草沿襲考」も著している。この頃長崎にいた盧草碩は，祖父が明人で，その学を継いで有名であった。草碩の門人に福山徳潤がいる。彼は延宝年間（1673—1680）に大坂で本草の大家として著名であった。

もともと本草の主眼は薬学であり，幕府も日本産薬物の研究を重視したので，江戸時代初期の本草は薬学本草から出発した。当時の本草家の多くが医家や製薬屋の出であるのもこのためである。京都の製薬屋の遠藤元理は，天和元年（1681），「本草辨疑」5巻を板行した。その巻一に鉱物21種が記載されている。すなわち，金銀屑・自然銅・黄丹・紫石英・辰砂・朱砂・水銀・雄黄・雌黄・炉甘石・石鐘乳・孔公孽・陽起石・緑青・膽礬・砒石・青蒙石・寒水石・朴青・蓬砂・明礬石である。

高田玄柳は天和3年（1683）に「湯液片玉本草」1冊を著して，薬種200以上についてイロハ順に和名を正し，その使用を便利にした。同じ目的で薬屋善兵衛は「薬種目録」1冊を寛文4年（1664）に，西村喜兵衛は「本草摘要」を元禄10年（1697）に著した。岡本為竹は「六十味薬性記弁解」3巻を元禄12年（1699）に上梓した。彼はまた「和語本草綱目」（広益本草大成とも云う）23巻を元禄11年(1698)に編し，その中で金石137種・水47種・土60種を記述した。下津元知（京都の人）は「図解本草」10巻を貞享2年（1685）に出版したが，その中で鉱物13種を記し，品種を図にし，色彩を加えている。

貝原益軒（福岡の人），名は子誠，号は益軒または損軒で，医家に生れ，本草綱目を研究して寛文12年（1672）に「本草綱目校正」39冊を上梓した。これを世に「貝原訓点本草綱目」と呼ぶ。この書に益軒が輯録した「本草綱目品目と名物」1冊を付録として収めた。これは本草綱目の遺漏を補い，品物を列挙して益軒自身の見解を加えたものである。益軒は中国の本草書を校訂したのみでは満足せず，日本に適した本草書を編輯することに努力して，宝永5年（1708），彼が79歳の時に畢生の大著「大和本草」16巻を完成した。大和本草は益軒一代の本草学の総決算であるとともに，日本近世地質鉱物学史上極めて重要な著書である。この中で益軒は漢名のない日本名のみのもの35種を加えた。このうち鉱物は次の11種である。

石膽(インフタ)・木葉石(コノハ)・菊メイ石・スクモ・黒土・ミガキ土・人肌石・備後砂・天巧碁石・饅頭石・観音石

大和本草巻三に鉱物種としてあげたものは，水類では水・熱湯・湯・浴湯・温泉・火井・苦潮・石脳油・地溲・塩膽水・塩である。金玉土石類では金・銀・鍮石・硃砂・金星礞石・石膽・地含石・方解石・空青・花紋石・木葉石・菊メイ石・スクモ・石炭・墨・金剛鑽・焼米石・鉛粉・硫黄・水晶・砥石・砒石・石灰・温石・試金石・寒水石・硝子・磁石・鉄砂・ミガキ石・人肌石・松石・硼砂・備後砂・白礬・緑礬・天巧碁石・石蟹(イシカニ)・石蠶(セキサン)・烏釜泥・泗浜石・石瓦・墨・鏡石・鬼屎・陽燧・真珠・石膏・銀朱・琥珀・浮石・雄黄・雌黄・朴消・塩消・観音石・禹餘糧・石燕・珊瑚・青瑯玕・銭・黒石脂・石鐘乳・水銀・軽粉・雲母である。

記載の一例は次の如し。

硫黄。凡温泉アル所皆硫黄アリ。上州浅間ケ嶽・越中立山・越後妙香山・肥後阿蘇山・日向霧島山・肥前島原スベテ山ノヤケ熱湯ノ出ル所ハ皆硫黄ナリ。伊豆ノ大島ノヤケタルモ硫黄ナリト云フ。上州草津ニ温泉アリ知死期ニ涌溢(アフル)ト云ヒ湯ノ沫(アワ)ヲトリ煮レバ硫黄トナル。此所ニ薬師堂アリテ鐘(カネ)ヲ十年ニ一度鋳カエルハ硫黄気デクサル故ナリ。倭硫黄ヲ中華ニモ優品トセリ。

稲生若水（江戸の人），名は宣義。大坂で福山徳潤に学び，本草綱目を研究して時珍の脱誤を正し，正

徳4年（1714）に「本草綱目校正」52巻を刻板した。若水は薬学的本草綱目に満足せず，本草・名物・物
産に関する物類全書の編輯を考えた。元禄6年（1693），39歳の時，加賀候は彼の篤学に対して知行200俵
を給し，「庶物類纂」1000巻を編せしめたが，若水は362巻を成したまま49歳で没した。徳川吉宗はその中絶を惜しみ，享保14年(1729)，丹羽正伯に完成を命じた。正伯は野呂元丈や内山覚中らと共に増修を始めたが，なお海内資料を必要としたので，幕府は享保19年（1734）正月に諸藩を通じて諸国物産の同人に援助の布告を出した。その3回目の布告は次の通りである。

此度丹羽正伯庶物類纂編輯之儀ニ付キ其ノ形ヲ国々ヘ承会申候間正伯等相尋ネ候ハバ聞申候様御料ハ御代官私類ハ其領主地頭並寺領者支配頭ヨリ可被申渡候　以上

こうして精密正確を期し，その後20年を費して不足を増修し，遂に1000巻を完成した。この完備した物類全書は中国にもなく，日本でも空前絶後の大著述といえよう。

稲生若水の著述は，初期には「採薬独断」2冊，「本草別集」3冊や「本草喉襟」4巻など，薬物本草学が多い。本草喉襟には金石34種，土3種がある。博物学的本草書としては「本草図翼」4巻があり，この巻四に石部がある。その他，「物産目録」1巻，「東方貝志」2冊などの著書もある。若水は厳正真摯で，益軒の平易普及とともに，江戸前期において薬学的本草から博物学的本草を分離させた大家であった。若水の門からは松岡恕庵・江村傭易・野呂元丈・丹羽正伯・内山覚中・内山覚順・斎藤東渓などの本草学者が輩出した。

松岡恕庵（京都の人），名は成章，号は恕庵または怡顔斎と称した。彼の著書もはじめは薬学的本草書が多く，「千金方薬註」4巻をはじめ，享保11年（1726）には「用薬須知」5巻3冊を著している。その巻四に金鉄土石部がある。記載の一例は

〔白墡〕 イマリヅチ　白ヅナ　ミガキヅナ　今此ヲ以テ水飛シテ白粉ヲ擬シ或ハ之ヲ錐ゼテ唐土ト呼ブ

〔滑石〕 和漢共ニ在リ漢ヲ上トス近来肥後ヨリ出ズ焼山石ハ此種類ナリ

用薬須知の後篇4巻は彼の死後，宝暦9年（1759）に刊行され，続篇3巻は門人甲賀敬元ら5人の校訂で安永5年（1776）に上梓された。続篇の記載の一例は

〔雲母〕 アラビヤガラス　近江田上山石・遠江吉良ノ者ハ片ヲナス

〔雌黄〕 和名金液　信濃ヨリ出ズ下品ナリ

また博物学的本草書としては「本草一家言」がある。これは本草書の不審の点を恕庵の見識で編したもので，石部には方解石・石鐘乳・鵞管石・乳石床など23種が記述されている。記載の一例を記すと

〔方解石〕 佐渡銀山に多く之を産す。土人伊々幾利石（イイキリ）と呼ぶ，崖上重畳して生ず，清瑩水晶の如くして光潤ならず，之を打砕すると片々方解す，蓋し自然銅之種類也，薬家は寒水石に充つるは非なり。

とある（ここで方解石を自然銅之種としたのは誤りと思う）。

一方，大江頤軒は「本草和解」7巻を正徳12年（1712）に著し，香川修徳は「一本堂薬選」4冊を享保15年（1730）に編した。橘親顕は「増慶太平和剤」，「本草薬性総論」上下2巻を編している。採薬調査がさかんになったのもこの頃からで，植村政勝は幕府の命令で全国の薬物調査を行ない，元文5年（1740）に「諸国採薬記」9巻を著した。そのうち現在伝わっているものは，武蔵・伊勢・志摩・紀伊・大和・淡路・阿波・土佐・伊豫・讃岐・伊賀・下野・甲斐の諸国である。

後藤光生，号は梨春または利準といい，熱心な本草学者で，躋寿館の教師であった。彼は本草綱目を研究し，「本草綱目会読箋」13巻，「本草綱目補物品目録」2巻，同後編3巻などを著した。本草綱目補物品目録は，彼が本草綱目以外の群書から物品名を集め，その出所を明らかにしたもので，宝暦2年(1752)に刊行された。その下巻に，金石としては石榴子・松石・石梅・釆石など24種がある。記載の一例は次の如し。

〔石榴子〕 形は瑪瑙ノ如ク色紅ニ明瑩ニシテ石榴ノ肉ニ似ル故ニ名ク，此ヨリ二十二種，典籍便覧ニ出ズ。光生按ズルニ今謂フ石榴石（ザクロ）乎。

また光生は薬学本草家の阿部照任と松井重康の「採薬使記」を校訂し，これに自己の意見を加えた。その一例は次の如し。

〔砒石〕 照任曰，奥州オソレ山ヨリ砒石ヲ出ス，其色淡紅色ナリ，土人曰，此石生ル所鳥類虫類上ヲ通ルト落チテ死ヌト云フ。光生按ルニ是レ真ノ砒石ナルヤイブカシ,中華ニモ所々ニ多ク生ル物ニテハナシ，我邦ニモ所々ニ砒石アリト雖モ多クハ石ノ毒ニ非ズ，其土地ノ毒気強ク蒸上セルニ生物ノ傷メルコトアリト云フ，是モ其類ナルベシ。

日向元秀（江戸の人）は宝暦3年（1753）に「本草綱目校異」20巻を著した。本書は，日向が18年を費して本草書の全部を参照し，脱漏を充たし，訛謬を改めたものである。彼はその後「本草綱目鈎衡」4巻も執筆している。大口灌畦（但馬の人）は「薬品辨惑」2巻を宝暦4年（1754）に板刊した。これには鉱物として雌黄以下12種が記されている。

学之案人は「薬性辨」3冊を明和4年(1767)に編し，金石土類22種を記載した。林貞亮は「本草辨明」1巻を安永元年（1772）に著し，勝長順は同年「医梯本草経」2巻を編して薬種288種を記した。松平君山は「本草正譌」12巻6冊を安永5年（1776）に刊行した。彼は本草綱目は実物を見ずに文献によっているので誤りがあるとし，これを日本に適応させる目的で執筆した。巻七に土・金石・石を記入している。一例を示せば，

亜鉛ハ俗ニシロメト云　炉甘石　之ヲ配合シテ造ルト云

加地井高茂は「薬品手引草」2巻を安永7年（1778）に刊行し，天保13年（1842）に再刊した。また木村蒹葭堂は「増補片玉本草」2巻を安永9年（1780）に出版し，文化9年(1812)に再刊した。こうして，中国渡来の本草学は各方面から検証され，しだいに日本に定着していった。その過程で，本草は薬学ばかりでなく，博物学，名物学，物産学へと広がっていった。

小野蘭山（京都の人），名は職博，字は以文で，近世の日本博物学的本草学を完成した人である。13歳から本草学を学び，18歳で独立し，25歳で学徒を集めて講義し，傍ら本草の研究をした。そして本草綱目寛文版に誤字が多いのを慨して「本草綱目校正」を著した。また貝原益軒の大和本草を校訂して誤りを正した。これを門人の井岡冽が筆記したものに「大和本草批正」がある。これには大和本草紀聞，大和本草会識，大和本草辨正などの異本がある。

蘭山は晩年江戸に出て，医学館で本草を教えながら幕府の採薬使となり，寛政12年（1800）より文化2年（1805）までの6年間に，関東をはじめ甲斐・駿河・信濃・美濃・伊勢・紀伊等に採薬旅行した。そして「常野採薬記」，「甲駿豆相採薬記」，「紀州採薬記」，「駿州勢州志州採薬記」，「妙義山併武州三峯山採薬記」を執筆したが，鉱物の記文は薬学的でなく博物学的である。一例を甲駿豆相採薬記より示せば

九月八日（享和元年1801）黒平（クロベラ）ヨリ上ル事一里余ニシテ右ノ谷ニ入リ又上ル事一里半ニシテ水晶峠ト云フ　少ク地ヲ掘ッテモ有　又黄石英モ有　此ハ別ニ水晶ヲ生ル窟ヨリ取ルト云　水晶峠ヨリ上ハ路最モ峻險ニシテ老足上ルコト能ハズシテ帰ル　従者数名ハ嶺ニ登リ得　品ハ慈（ハリスイイン）石・鈩石

蘭山の本草書の第一は「本草綱目啓蒙」48巻である。これは彼の孫の職孝が彼の講義録を整理したもので，享和3年（1803）に刊行をはじめ，文化3年（1806）に刊了している。その後，弘化元年（1844）に梯南洋が本草綱目啓蒙を増補し，弘化4年（1847）には井口望之が岸和田藩主の命で校訂して「重訂本草綱目啓蒙」を刊行した。その序文に丹波元堅が讃辞を呈している。これによって本草・名物・物産の博物学的本草が大成された。

「啓蒙」のうち鉱物類は巻三より巻七にわたり，その種目は土類（61種），金類（28種），玉類（14種），石類（72種），鹵石類（20種），附録諸石（2種），計197種である。石類72種の内訳は次の通り。

丹砂・水銀・水銀粉・粉霜・銀朱・霊砂・雄黄・雌黄・石膏・理石・長石・方解石・滑石・不灰木・五色石脂・桃花石・炉甘石・井泉石・無名異・密栗子・石鐘乳・孔公孽・殷孽・土殷孽・石脳・石髄・石脳油・石炭・石灰・石麪・浮石・石芝・陽起石・慈石・玄石・代赭石・禹餘粮・太一餘粮・石中黄子・空青・曾青・緑青・扁青・白青・石膽・礜石・特性礜石・握雪礜石・砒石・土黄・金星石・婆娑石・礞石・花乳石・白羊石・金芽石・金剛石・砭石・越砥・薑石・麦飯石・水中白石・河砂・杓上砂・石燕・石蟹・石蛇・石蠶・石鼈・

蛇黄・霹靂碪・雷墨

なお小野蘭山は明和2年(1765)に島田充房と共著で「花彙」8巻を刊行している。草部4巻・木部4巻よりなり，その内容は図説としてきわめて優れたものである。

曾槃（江戸の人），字は士攷，名は磐，号は占春で，天明4年（1784）に躋寿館で講義し，寛政10年(1798）に「本草綱目纂疏」12巻を著した。他に文政12年（1829）刊の「本草彙考」2冊がある。本草綱目纂疏の巻一には水・火・土，巻二には金・玉・石・鹵がある。また本草彙考には彼自身の意見で判定した雑記がある。なお，寛政3年（1791）に「和薬出産揃」1巻を著した東柱武群は，その中で国産品170余を記し，鉱物7種の産出地を明記している。

山澄延年（紀伊の人）は丹波頼理の編した「本草薬品名備考」を基に「校訂本草薬品備考和訓抄」7巻を文化4年（1807）に著したが，その内容は本草品種を引き得る辞典で，薬品の外に一般本草を記してあるので，広く用いられ，天保2年（1831）には再刊された。一例を示せば

イハロクシヨウ　緑青　銅　精気久シクシテ化生ス　摂津多田・羽州阿仁・下野足尾・長門石見銅山ニ出ズ　紅毛人持来孔雀石ト云有リ　甚ダ上品ニシテ画用トシテ最モヨシ

小野高潔は和漢の上世よりの文献を参照し，伜の高泉の質問に対する答をまとめて，「本草倭名釈義」5巻を文政元年（1818）に著した。また頓井椙（肥後の人）は「薬徴続編」2巻，付録1巻を文政11年(1828）に刊行した。薬品玄隆（米沢の人）は40年間研究して「本草考彙」49巻を天保元年（1830）に著した。これはきわめて詳細で，一例を示せば

〔方解石〕薬店の寒水石ハ方解石ナリ　今俗ニ石台ノ砂トナス　蘭山云舶来ハ白色ニシテ透明ナルヲ上品トス　白色ニシテ透明ナラザルヲ下品トス　又四方ニワレアルハ尤下品也　中華ニテ方解石ヲ寒水石トシテ用イタル説アリ　時珍石亭ノ條下ニ詳カニ辨ジタリ　店ニテモ誤テ寒水石ノ名デ方解石ヲ売ル　寒水石ハ凝水石トテ塩ノニガリノ塊ナリ　和産ハ今佐渡ヨリ出ズ　加賀・伊勢・備中・出羽ノ諸国デ米沢ハ小野川山中ヨリ出ズ　色白ク透明トナル者ハ此ヲ砕クニ何ホド細ニシテモ四角ニ砕クル也　硯・扉ナドニ作リ用ユ　雅品トス

山本亡羊（京都の人）は薬学を主とし，「薬品名輯」5冊を著したが，他に本草書として「大和本草拾遺」25冊，「大和本草釈義」4冊，「本草綱目釈義」7冊などの著書がある。岡村尚謙は天保10年(1839)に「本草古義拾遺」を執筆した。岩崎灌園，名は常正で，鉱物を記載した著書としては天保13年（1842）刊の「本草穿要」13巻がある。その巻一に金銀をはじめとして33種の鉱物を精細に述べている。内藤尚賢(京都の人）は「古今薬品考」5巻を天保13年（1842）に著した。本草・名産家で知られる小原良直(紀伊の人，蘭峡と号す）も「薬品異名考」2巻を編輯している。なお小原良直は「大和本草講義」の著者でもある。畔田翠山（和歌山の人），名は伴存で，翠山・翠嶽・紫藤園などとも号した。本草関係の著書としては，「綱目註疏」48巻，「大和本草註疏」4冊などがある。

武蔵石寿は弘化元年（1844）に「目八譜」15巻を著した。これは多数の貝類を克明に図示し解説した貝類図譜で，今日でも文献としての価値が高い。また飯沼慾斎の「草本図説」20巻は安政3年（1856）から文久2年（1862）まで6年にわたって刊行された。本書は草木約125種をリンネ式に分類し，写生して解説したもので，岩崎灌園の「本草図譜」96巻（弘化元年刊了）とともに江戸時代末期の優れた植物図説である。

同じ頃，佐藤民之助は「備急薬新論」3巻を安政4年（1857）に執筆し，平賀景順（因幡の人）は「薬品発蒙」1冊を編輯した。また森立之は「本草経薬和名攷」を執筆した。これは，本草和名・倭名類聚抄・医心方・新撰字鏡などの品名の和名の音が違っているのを，自己の見識で校訂したものである。

2）本草會・物産會・博物會・薬品會・奇石會

本草学が進歩して同学徒が多数になると，実物を持ちよって展覧し互に研究しあう必要が生じ，本草に関する各種の展覧会が行なわれた。本草會，物産會，博物會，薬品會，奇石會などがこれである。

江戸では薬品會は天和元年（1681）より，本草會は貞享元年（1684）より開かれている。物産會は宝暦7年（1757）に湯島で田村藍水・平賀源内・松田長元らが催したのが最初で，同8年神田で，同9年湯島で，同10年市ケ谷で，同12年湯島で開催されている。この12年の物産会の出品中優品を選んで解説を加えたものが平賀源内の「物類品隲」6巻で，宝暦13年（1763）に刊行された。源内は明和元年（1764）にも物産會を湯島で開いている。薬品會は天明元年（1781）から躋寿館で年1回開かれ，寛政5年（1793）には「医学館薬品會物録」2冊を作り，天保4年（1833）には品物2880種を鑑定して「薬品会目録」2冊を作った。また，木内政章・本田恭は寛政8年(1796)に本所の東江寺で薬品会を開き，福井春水は天保3年(1832)に開いた。伊藤圭介は博物会を文久2年（1862）に開催した。

大坂では，津島如蘭が宝暦元年（1751）に物産會を開き，宝暦10年（1760）に戸田旭山や直海元周などが会をまとめて「文会録」を編輯し，翌11年（1761）に「浪華物産会目録」を作った。その後は明和元年(1764)，安永4年（1775），天保6年（1835），同9年（1838）に開催された。

京都では，宝暦11年（1761）に物産會が開かれ，豊田養慶が「赭鞭餘録」1巻を編した。その後は明和2年（1765）や翌3年に開かれている。山本亡羊は物産會を文化5年（1808）から文久2年（1862）まで54年間自宅で開き，後学者を指導した。奇石會は宝暦以後木内石亭により京都で開かれた。

こうした會は地方でも開かれている。寛政9年（1797）には近江の石山寺で開かれている。熊本藩では薬品會を宝暦12年（1762）に再春館で開き，明和元年（1764）以後は蕃音堂で開いた。紀州藩では和歌山の医学館で年々物産会を催した。尾張藩では伊藤圭介が文政10年（1827）に物産會・博物會・薬品會を年々開いた。このうち，天保6年（1835）に一行院で開かれた本草會の結果は，「本草會物品目録」として出版されている。

近世後期を通じて行なわれた物産会，本草會，薬品會，博物會，奇石會等は，実物の比較観察ばかりではなく，相互の知識の交換と啓蒙の場となって，日本の地質学と関連学の進歩に貢献する所が多かった。

3）弄石派

宝暦以後に本草学が盛んになるにつれて，これと離れて奇を好んで集まる弄石派が生れた。中国では宋以後のことで，北宋の米芾は石を酷愛して庭石の奇なるものを衣冠して拝したと云い，また石を室内装飾として用いていたと云う（米襄陽志林巻三，巻五参照）。南宋の初め，杜綰は「雲林石譜」3巻を著し，110余種の石について産地・石質・形状・色彩等を述べ，自然石の儘奇なものや彫刻した器物にまで及んでいる。巨大な怪石を庭に置くのは富人で，名石に関する話は典籍に散見している。清代には怪石の鑑賞の本が多くなり，宋犖の「怪石賛」，次心の「怪石録」，毛奇齢の「観石後録」，閔麟嗣の「黄山石譜」，玉皞の「石友賛」，高兆の「観石録」，諸九鼎の「石譜」などがある。

日本における第一人者は木内石亭である。近江の人で，諱は重暁，通称は小繁または幾六，石亭と号し，若年から奇石を集め，宝暦から江戸・大坂・京都などで本草家や物産家と交遊し，全国を跋渉して奇石珍石を蒐集した。彼が終生弄石に熱中したことは，42歳から執筆した「雲根志」の前編5冊が安永2年(1773)，後編4冊が安永4年(1775)，三編6冊が享和元年（1801）に刊行されたことからもうかがうことができる。さらに「曲玉問答」天明3年（1783），「百石図巻」天明8年（1788），「化石の四説」寛政4年（1792），「奇名産誌」寛政6年（1794），神代石之図」寛政6年，「龍骨記」寛政6年，「著述書目」寛政6年，「天狗爪石奇談」寛政8年（1796）などを著した。未刻板のものに「奇石産誌」，「石签」，「石亭石譜」，「石亭千賜録」，「百石図」，「舎利之辨」，「大石之図巻」，「神代石図」などがある。

石亭は41歳になって「予十一歳にして初て奇石を愛し今三十年来昼夜是を弄びて他事なし，此のために諸国へ通行すること凡三十余回，今求むる処の石凡そ二千余品の中に二十一種の珍種あり，同志の人たづね来らば是を見す可し」と述べ，また遺言状の一節には「我等生涯石ニ心魂ヲ投打実ニ菽麦モ辨ヘザル身トシテ六十餘州の人ニ知ラレ高位高官ノ尋ニモ預ルハ石ノ徳ナラズシテ何ゾヤ，死後心ノ残ルハ石也」とある

雲根志の分類は石亭自身のもので，その一例を前篇から記すと次の通りである。

〔霊異類〕 天神石・雨候石・福石・釣石・致富石・子持石・護法石・石脳油・石麪・寄石・石刀・馬石牛石・碼石・猪飛石・鮓答祈雨・立石・天狗石・陰陽石・無帽塔・蛇 眼 石・石物語・夜光石

〔采用類〕 水銀・自然銅・無名異・密栗子・蛇含石・磁石・玄石・石炭・砥石・石王子石・文字関石石筆・石脂・滑石・消石・炉甘石・卵石黄・禹餘糧・太乙禹餘糧・石中黄・石中黄子・石膏・硬石膏・解石・寒水石・冷油石・花蘂石・石鐘 乳・孔公孼・鵞管石・殷孼・土殷孼・陽起石・鳥地獄石・南蓬砂・石硫黄・玄精石・火打石（以下略）

「奇石産誌」は石亭が安永から寛政の初年にかけて編したもので，日本六十余州の産石を国別に列記しある。別名を「諸国産石誌」とも「諸国石産所記」，「石品産所考」ともいう。一例を示せば次の通りである

〔上野国〕 「星糞　碓井峠，里氏三光石ト云フ」，「利根川石　五科郷」，「盆石　三羽川」，「戸澤砥澤名産介石アリ　スリバチ石ト云フ」，「木賊石　龍安寺山」，「サンバ石　三羽川ニアリ，水ヲ呼寄ル大奇石　鬼石より二十町計」，「蛙砂　笠間ニアリ　火ニ投ズレバ長クナリテ動ク」，「玻璃　河内郡玉生村」，「鯛紋石　沼田川ニアリ」，「宝石　櫻川石ニ白スヂアルヲ云フ」，「猫目石　五料ニアリ　五料石ト云フ」，「石炭　当国諸山ニアリ」，「黒硫黄　萬代山」，「自然研　三羽川」，「櫻川石　沼田」，「介石戸澤」，「礁 足利ニ出ズ」

「石筌」は近藤藤重・釈鳳嶺・谷泰定の３人が校訂したもので，「奇石産誌」と内容がほとんど等しく，その一巻のみが伝わっている。石亭は寛政４年（1792）に「舎利辨」を著している。その序に「舎利身ヨリ出　或ハ空中ヨリ降ルト　然ルヤ。答テ日フ　仏家ノ説ハトラズ（中略）仏者の敬スル舎利ハ我徒ノ愛スル宝石同一物也（下略）」として仏家の説を排し，日本の舎利の奇談を掲げ，和漢書に現われた舎利の文献を総て集めて，舎利は石英であると主張している。

木内石亭の交友は大阪の木村巽斎（蒹葭堂），戸田斉，伊勢の滝本笑石亭，津の谷川士清，江戸の佐藤成祐，会津の田村三省などが主であった。木村巽斉は石亭と共に津島如蘭に師事し，弄石書では「日本石譜」2巻を執筆した。瀧本笑石亭は「陰陽地核談」１巻を著したが，本書は「伊賀の雲根志」の称があった。佐藤成祐は物産家で，「怪石録」３巻を寛政７年（1795）に著した。田村三省は会津藩内の愛石に努め，「会津石譜」２巻を享和２年(1802)に執筆した。その上巻は寵愛部，下巻は奇異部および像形部である。記載の一例を示すと

狐石　異名ヲ知ラズ　雲母ノ如クシテ薄黒クシテ光沢アリ　雲母ニ比スレバ透明ナラズ　鉛ノ如ク軟ナル方ナリ　小川庄実川ノ両岸岩ノ罅隙ニ喰ヒタリ

また，小山内清隆は天保11年(1840)に「陸奥国石品考」１冊を図入で著し，白石英・今別石・湯舎利・霞石・黒曜石・錦石・鈴石などを記載した。

4）名物学と物産学

前述のように，江戸時代の本草学は初期の薬学本草からしだいに博物学的本草へと発展していった。したがって，近世の本草家の多数は名物学と物産学の大家であった。

貝原益軒は本草研究の旁ら「本草名物附録」（寛文12年，1672），「本草綱目品物」（寛文12年），「日本釈名」３巻（元禄13年，1700），「和漢名数」２巻（元禄５年，1692），「筑前続風土記」（元禄14年，1701）などを著している。筑前続風土記30巻は藩主黒田光之の命により完成したもので，その第二十九巻の土産考の中，筑前産の土石鉱物の品目は，金・銀・古所山砺殼・白砂・雲母・鉄砂・焦米石・水精・蛤粉・瓷器石・白礬・五色小石・スクモ・燃石・砿石・木葉石・温石・浮石である。記載の一例は次の如し。

鉄砂。遠賀郡岩屋，遠賀郡脇ノ浦，脇田，柏原，山鹿，芦屋，宗像郡地島，鐘崎ノ浜，田寿町ノ川，大島，糟屋郡多浦等ニ在リ。多クハ海辺ノ砂中ニ在リ。鉄粉ニシテ砂也。鋳物ニシテ鉄トナス。当国の鉄砂甚ダヨシ。京都江戸ノ釜屋ニ博多ノ治工持行テ見セシニ，甚称シテ如斯鉄砂ヲ鋳タリシ故，古作ノ芦屋釜寄巧ムベナリトイヘリ。或ハ少刀・包丁等ヲミガクニ用フ。

稲生若水の「庶物類纂」は物産書としても豪華である。「用薬須知」を著した松岡恕庵も名物学・物産学に関心が深く，「体朱斎名物雑纂」，「本草一家言」などを執筆している。

寺島良安は「和漢三才図会」105巻81冊を正徳3年（1713）に完成したが，これは彼が30年もかかって和漢の文献をしらべてまとめあげた百科事典である。岩永玄浩は「名物譯録」4巻を元文元年（1736）に執筆した。これは説明が簡単で，広く大衆に利用された。一例を記せば

砿マブ　作鉱　アラカネ　金銀銅鉄皆砿アリ

平瀬徹斎は「日本山海名物図会」5巻を宝暦4年（1754）に著し，その巻一に金・銀・銅・鉛などの採掘と精錬を図示した。石川為章は「本草會詮」を宝暦5年（1755）に著して，本草綱目から日常必要な品目の名称手引を作った。丸山元純は「越後名寄」31巻を宝暦6年（1756）に書いた。その巻三十に金石土類があり，越後産の銀・銅・鉛・水晶・卯石・石垣・木葉石・方解石・石膏・木石・貝喰石・燈石・切石・砥石・夏川石・浮石・碁石・硫黄・鉄・砂・燃土・鹹土の記述がある。

平賀源内（讃岐国志度の人），名は国倫，号は鳩渓，風来山人など多い。物産會を開いたことは有名だが，宝暦13年（1763）に刊行した「物類品隲」6巻では，鉱物は人工品を入れて水部1種，土部6種，金部14種，玉部11種，石部85種からなり，当時の粋を集めたものである。記載の一例を示すと

〔雲母〕　和名キララ　参河吉良村上品　河内道明寺山中産中品　讃岐良野産下品　蛮産上品　紅毛語アラビヤガラスト云フ　アラビヤ国ノガアラスは硝子ヲ云　其ノ大サ尺餘甚ダ透明ナリ

〔雲砂〕　和産金雲母即チ雲母ノ黄色ナルモノナリ　別録ニ曰ク雲砂色ノヲ青金ト云フモノ是ナリ　漢土品上品陸奥産下品ナリ　方俗ヒル石ト云フ　此物火ニ入レバ大ナルコト十倍ス　其形ハ蛭ニ似タルヲ以テ名ヅク

源内は，はじめ松平藩の医員として長崎に学び，洋学に関心をもったが，後浪人となった。そして「物類品隲」を著した翌年，石綿から火浣布を創製し，安永5年(1776)には起電機を完成した。また，郷里の志度付近の陶土を用い特殊の釉薬を使った源内焼を考案した。鉱産については，讃岐では焼青（ゴス），伊豆で芒硝，コバルト，上総で塩薬，遠江で銅，武蔵では金・銀・銅・鉄などを発見しており，秩父では鉄山開発にものりだしている。

田村西湖（元長）は幕府の命で寛政5年（1793）に豆州諸島を調査して「豆州諸島産物図説」7巻を編集した。この内に石類6種の図入りがある。小原桃洞（紀伊の人），名は良貴で，寛政6年（1794）に藩主の命で「熊野山中所産草木金石類目録」を上進した。彼の没後，孫の蘭峡が天保4年（1833）から嘉永3年(1850)にかけて「桃洞遺筆」6巻を刊行した。この内，鉱物の記載には海内第一石・木葉石・磁石毛・一指石・自然生緑礬・亀甲石・栗石・銭石がある。木村蒹葭堂は寛政11年(1799)に「日本山海名産図会」を上梓した。巻二の石品の項に豊島石・御影石・龍山石・砥砺（といし）を，巻五に石灰と陶器とを，いずれも図入で説明している。

平安朝の源順の「倭名類聚抄」は物産書としても用いられた。稲葉通邦は本書を尾張の宝生院真福寺文庫から自写して，享和元年（1801）に出版した。この倭名類聚抄を時代遅れと感じた狩谷棭斎は，これを比較考証し，註を記して，天保8年（1837）に「箋註和名類聚抄」10巻を著した。記載の一例は，源順の本文の後に

金　五字郭璞注　非正文説文云　金五色金也　黄為之長　久薶不生衣　百錬不軒（以下略）

とある。また棭斎は深根輔仁の「本草和名」を名物学の見地から考証して，「本草和名攷異」を著している。

小野蘭山も名物学の大家で，「本草綱目品目便覧」2冊の他，「爾稚注疏記聞」，「詩経名物弁解記聞」などの著書もある。蘭山の門人の上田元孝は「漢名譏明録」4冊を編し，鉱物名には簡単な解釈を付している。水谷豊文（尾張の人）は「物品識名」2冊を文化6年（1809）に著し，いろは順に品物の和漢名を対訳した。ついで文政8年（1825）には「物品識名拾遺」2冊を上梓した。本書は幕末に大いに利用されている。記載の一例を示せば

イシワタ　ワタイシ　石絨（事物紺珠）イシワタ　アブラオトシ　冷滑石（滑石の條）イワキ　ウニ　カラスイシ　石炭　石煤（本草彙言）

柴田洞元（尾張の人）は「日用薬品考」1巻を文化7年(1810)に作り，品名六百余を掲げてその真偽・和産舶来の有無を解記した。福井春水は「掌中名物鑑」を天保4年（1833）に執筆した。また，畔田翠山は名物学の「古名録」85巻を天保14年（1843）に刊行した。記載の一例を示せば

岐蘭　本草和名　漢名雄黄

翠山は本草学者として著名であるばかりでなく，「熊野物産誌」8冊，「和州吉野郡群山記」8巻の内の「物産誌」2巻，「吉野名山図誌」5巻，「紀伊六郡志」8巻，「志藤園攷澄」1冊，「北越物産附録」1　」などの著書が多く，物産家として知られている。しかしこれらは子弟に教授するために手記したものが多く，散佚したものが多いのは惜しまれる。

山本亡羊は「格致類編」127巻を文化2年（1805）から嘉永2年（1849）まで45年間を費して執筆した。本書は本草綱目の不足を補う目的で編したもので，鉱物種は，水10種，土19種，金12種，石228種，鹵石26種が記載されている。その他，「和名類抄」1冊，「物産志稿」3冊，「百品考」3編などの著書もある。

本間游清は「品物和名類纂」33冊，「品物雑抄」1冊，「品物考」1冊を編した。松岡還は「名物類編」を嘉永年間に作り，鉱物名としては金・銀・玉・石を記した。水谷行方は「品物類纂」7巻を安政5年(1858)に作り，福井春水の「名物鑑」や他書に遺漏があるので品物合計8938をいろは順に記してこれを補った。岡安定も「品物名彙」1巻を安政6年（1859）に著し，品名をいろは順に記している。

江戸時代の龍骨論争

正創院の御物から龍骨が奈良時代に存在したことは前述したが，これは医薬としての用途が主で，龍骨の正体が何であるかは明らかでなかった。

宝暦10年（1760）に信陽の源通魏が「龍骨辨」1冊を上梓した。彼はその中で龍骨の正体は鯨か人か鯢の脊か防風氏の骸であろうとしている。これに対し，翌年甲斐の源昌樹は「駁龍骨辨」1冊を著し，龍の実在を主張した。かねて龍骨が象骨に似ていることに注目していた平賀源内は，宝暦11年，紅毛の甲比丹が江戸参府の折，侍医のポールに讃岐小豆島産の龍骨を見せ，これは紅毛のスランガスタインであるかと尋ねたところ，ポールは然りと答え，日本に龍骨のあるのを知って驚いた。この時点から源内は龍骨が象の化石骨であることを主張した。しかし，明和年間（1764—1771）に佃島で産した化骨に角があるのを見て，源内は象の化石骨説を放棄している。

木内石亭は寛政6年（1794）に「龍骨辨」を著し，各地の龍骨を記載したが，その正体については断言をさけている。しかし象骨説には否定的であった。その後，文化8年（1811）に阿波の小原春造が「龍骨一家言」1巻を著した。彼は龍骨の多くは象の化骨であることを断言している。石薬として貴重な龍骨の正体はかくて究明されたのである。

製陶業

土器・陶器の製造は古くから行なわれていたが，近世の初めに朝鮮から多くの陶工が帰化してから，製陶業が著しく発達するようになった。本文では，近世の代表的な焼物の製造について述べる。

肥前の有田焼は，藩主の鍋島直大が朝鮮より帰国の際に連れてきた陶工の李参平が，元和2年（1612），有田の泉山の陶土で磁器を製造したのが始まりである。

薩摩焼は，藩主の島津義弘が朝鮮の陶工たちに作らせたのが始まりで，原料は川辺郡加世田郷小湊村の白砂・津貫村京ノ峯の釉石・揖宿郡12町村と成川村の白粘土・高野のバラ白土などである。

萩焼は，帰化した朝鮮陶工の李敬が，長門国阿武郡椿郷東分村松本の良土で作り，後に周防国吉敷郡　道村の粘土と佐渡郡三田尻・浮野村の釉石その他を用いて改良した。

伏見焼は，文禄2年（1593）に平田平右衛門が山城国紀井郡深草村の粘土で焼いたのが始めである。

会津焼は，文禄2年（1593）に会津城主の蒲生氏郷が石川久左衛門に命じて城の瓦を小田村で焼かせたのが始めで，その後正保4年（1647）に水野源左衛門が本郷山の陶土で陶器を製作した。

波佐見焼は，陶工平左衛門が慶長11年（1606）に肥前国彼杵郡上波佐見村の粘土で焼成を始めたといわれる。

粟田焼は，瀬戸の陶工九右衛門が寛永元年（1624）に京都に来て，苦心の末，洛東岡崎村の粘土を用いて成功した。

九谷焼は，慶安3年（1650），田村権左衛門が加賀国江沼郡九谷村で炻器を作ったのが始まりで，寛文年間（1661—1672）に磁器となった。

石見焼は，宝永年間（1704—1710）に石見国邇摩郡・那賀郡・美濃郡の各地の粘土で陶器と磁器が作られた。

三田焼は，天明8年(1788)，神田宗兵衛が摂津三輪産の粘土で磁器を焼いたのが始まりで，後に有馬郡香下村で青磁の釉料が発見されて，青磁で有名になった。

瀬戸焼の歴史は古いが，瀬戸の陶工加藤民吉が，享和4年（1804）に有田に行って磁器製法を学び，これを持帰って以来，磁器が作られるようになった。

播倉焼は，文政元年（1818），小針伝之助が加賀国石川郡鮫川村富田の白土を用いて陶器を製造したのに始まる。

淡路焼は，文政12年（1829）に淡路国三原郡城戸村白土山の粘土で焼成して以後，盛んになった。

埴生焼は，天保元年（1830）から太藤佐十郎により越中国西砺波郡埴生村の粘土で焼成された。

丸山焼は，越中国婦負郡丸山村の粘土で甚太郎が天保10年（1839）に焼いたのに始まる。

小杉焼は，越中国射水郡平野村赤谷山の粘土で与左衛門が弘化元年（1844）に焼き始めた。

朱泥焼は，佐渡国雑田郡相川町で弘化元年（1844）に伊藤甚平が佐渡鉱山坑内の無名異を用いて焼き始めた。

若狭焼は，若狭国遠敷郡三宅村森前の材料で小西亀吉が嘉永元年（1848）に焼成したのに始まる。

鉱　業

物産学の内でも重要なのは鉱山学である。豊臣秀吉は鉱山奉行を置いて優良鉱山を直営したが，徳川家康も産金に意を用い，大久保長安に諸金山を開発させた。また家康は山師に「野武士」の称号を与え，いかなる名城の下でも掘ってよいという布令を出した。大坂で秀吉に仕えていた金冶金師の後藤徳乗は，家康の時に江戸に移って金貨を鋳造した。しかし当時の冶金術はまだ旧式であった。

幕府は寛永4年（1627）に諸国金銀奉行を置いて，各地の鉱山開発を奨励したが，寛永年間（1624—1643）には金山の上部を掘りつくし，小坂や尾去沢鉱山では銅の採掘に移った。薩摩国は金の多い土地で，島津藩では家老が山野を跋踏して，寛永17年（1640）に山ケ野金山を，万治3年（1660）に芹ケ野金山を発見し，他の金山も開発された。島津藩が直営した山ケ野・芹ケ野・加籠（枕崎）の鉱山は，薩摩三山と呼ばれた。

佐渡金山でも鉱石が少なくなり，宝暦8年（1758）から安永8年（1779）の21年間に小判119,013両を産するのみとなった。ところが天明2年（1782）にオランダから幕府に排水用としてフランシスカイ排水ポンプが貢献されて，これを利用した佐渡鉱山では生産が復活した。文化14年（1817）から文政12年（1829）までの佐渡鉱山の生産量は，金7,375両と灰吹銀1,398貫794匁であった。その他の鉱山でもこの排水ポンプが利用された。

文化2年（1805）に山ケ野金山は14貫786匁を産した。他の金山では石見の大森，越中の松倉，但馬の生野，陸奥の玉山などの鉱山が主で，鉄は出雲の菅谷村の砂鉄や陸中の鉱山が主であった。銀は生野・院内・石見の諸山が明和年間（1764—1771）に多産した。

平賀源内は秩父の鉄や中津川の砂金を採取し，秋田の諸銀・銅山，摂津の多田，紀伊の吉野，陸中の仙

人鉛山やその他の鉱山の開発を指導した。佐藤信淵は文政10年（1827）に「坑場法律」（現在の鉱業法）を作り，祖父の信景は松岡鉱山，阿仁銅山，院内銀山を開発し，父の信季も奥州南部と出羽と秋田の境，飛驒と加賀の境の諸鉱山，伊豫の立山，武蔵の秩父鉄山などの開発に努力した。

江戸時代の後期には鉱産が少なくなり，加えて外国船の渡来，軍用品や船舶など新製品の必要に迫られたため，幕府は鉱業を奨励したが，坑内が深くなるにつれて作業が困難となった。佐渡鉱山の産額は，慶応2年（1866）には焼金5貫・金67両・灰吹銀86貫となり，銅の産額も，秋田・南部の諸銅山，院内・別子銅山など，いずれも減少した。嘉永6年（1853）にアメリカからペリーが来朝した時には，幕府財政は逼迫しており，ために幕府は稼行山に最少の助成金を出して鉱山保護を行なっている。

当時，何にもまして必要なのは鉄であって，旧式の製鉄業は各地で行なわれていたが，洋式高炉による製鉄は，安政4年（1857）に大島高任（南部藩の命を受け，長崎でオランダ人から鉄鋳造術を学んだ）が釜石で製錬したのが始めで，以後各地で高炉製鉄が行なわれた。高炉を用いるには石炭が必要なため，石炭の採掘が盛んになった。石炭が製塩用燃料として広く使用されだしたのは安永年間(1772—1780)頃からで，安政年間（1854—1859）には蒸気船や製鉄用の石炭の需要が加わり，開発が進んだ。石炭の産出の多かったのは九州で，筑豊・唐津・三池・天草の諸炭田がすでに知られていた。宇部・常磐炭田がこれについだ。石油の需要も幕末には増大するが，古くから産出が知られていたのは越後・羽後・信濃などであった。

大島高任は，文久3年（1863），北海道でアメリカの鉱山技師パンペリー(R. PUMPELLY)と共に鉛山で火薬を使用した採鉱を試みたが，これによって採鉱が飛躍的に進み，日本の鉱業発展の基となった。

3. 西洋科学の輸入と日本人の研究

西洋人の日本渡来は天文年間にはじまる。すなわち，天文10年（1541）7月，ポルトガルの商人200余人が颶風のために豊後国神宮浦に漂着した。さらに，南浦文之の「鉄砲記」によれば，天文12年（1543）にポルトガル船が大隅の種ケ島に到着して鉄砲を伝えたという。翌天文13年1月12日には，ポルトガル人ピント（Ferman M. PINTO）がオランダ人，イギリス人と共に来日し，貿易を求めている。

天文18年（1549）にスペインの宣教師フランシスコ・ザビエル（Francisco de XAVIER）が渡来し，日本各地で布教を行ない，かたわら医療を行ない，金銭を恵み，科学者を呼びよせて西洋科学知識を伝えた。このためにキリスト教は九州から東北まで伝播し，各地に南蛮寺という教会が建築され，信徒は約30万人に達した。ザビエルが故国に送った書簡中には，「日本人は他国人よりも善く道理に通ずる性質を有し，学を好むも未だ地球の円体なること及び運行を知る者無き故に其の理由や種々の原理を説きなせしに，彼等は熱心に此の真理を聴聞するに至れり。我等は諸学術の便宜に依りて国民の一般の心に我宗教を悟らしむるを行ひたり」（浅井定八郎訳：聖フランシスコザベリオ書簡記）とある。

慶長14年（1609）5月，フィリピン長官ドン・ロドリコ（Don RODRICO）はメキシコへ帰国の途中難破して上総国岩和田に漂着した。後に家康・秀忠に謁したロドリコは，「日本見聞録」と「金銀島探険報告」を残している。前者は皇居・京都の各寺院・風俗・習慣その他を述べ，後者は駿府から仙台までの測量と宇都宮から会津方面までの金・銀を記したものである。

慶長17年（1612），キリシタンを禁止した幕府は，島原の役後，寛永18年（1641）に平戸のオランダ商館を長崎出島に移し，オランダにのみ通商を許した。このため日本に関する知識はオランダを通じてヨーロッパに伝えられるようになった。

「一般地理学」の著者として知られるオランダのヴァレニウス（Bernardus VARENIUS）は1649年（慶安2年）に「Descriptes Regni Japonial Reschreisung Des Japanischen Reiches」を著した。本書を「日本伝聞記」と云う。また同年「特殊地理学」も著している。この中で彼は，日本の地理・風土・皇室・社会・風俗・習慣・学芸・経済などについて詳しく述べている。

ケンプエル（Engelbert KÄMPFER, 1651—1716）はドイツで生れ，博物学・史学・医学等を修めた医師

で，オランダ東印度会社から元禄3年（1690）9月に長崎出島のオランダ商館に医員として来日した。彼は元禄4年（1691）と翌5年に参府し，滞日2年で元禄5年10月に日本を去った。帰国後「Gesichite und Beschreibung von Japan」2冊を執筆したが，その出版は彼の没後かなり遅れて，第1冊は1777年（安永6年），第2冊は1779年であった。本書は日本に関し万般にわたって精密に記したもので，西洋の科学知識を知ると共に日本資料の欠陥を補うに足る。鉱物等については，第1巻第8章の「日本の鉱物」と第5巻の「江戸参府紀行」および付録の「鎖国論」の内に述べている。

明暦3年（1657）に江戸に生れた新井白石は，元禄6年（1693）に甲府の徳川家宣の儒官となり，宝永6年（1709）に家宣が将軍になると登用されて参与となった。その前年，イタリアの宣教師シドッチ（Giovanni Battista SIDOTTI, 1668—1715）は南蛮船で大隅国屋久島に渡来し，捕えられて長崎から江戸へ回送された。白石は江戸小石川の切支丹屋敷を訪れ，シドッチに種々質問し，それを基礎として，正徳5年（1715），「西洋紀聞」を完成した。その上，中巻には世界各国の記事や万国坤輿図を記し，下巻には戦船・大砲・鉄弾や佛教・儒教・邪蘇教などを説く。「西洋紀聞」の訳本としては，アメリカのブラウン（Samuel Rollins BROWN）が上海で出版した「西洋紀聞 Seiyokibun, or Annals of the western ocean, an annals of a translation of a Japanese manuscript」（1881，1882）がある。白石には幾多の書がある。中でも正徳3年（1713）に脱稿した「采覧異言」には天動説や地円説が漢文で記されている。その他「和蘭記事」，「西洋図説」，「輿地総叙」，「蝦夷志」などがある。

山村昌永は享和2年(1802)に「増訳采覧異言」を著し，この中で白石の地球の天動説を地動説に改め，「近古西洋の説は日は天の中心にあって地は天を廻るのを1日とし，365回転ずるのを1年とす。其事は麤乙葯が学芸全書等に記載している」と述べている。なお昌水は嘉永元年（1848）に「西洋雑記」4冊を出版した。

長崎出島のオランダ商館には日蘭両国語を話す通詞がおり，商館長の江戸参府の折にも随行した。日本の学者はこの通詞を通してオランダ人から多くのことを学んだ。享保5年（1720），幕府はキリスト教以外の洋書の輸入を解禁した。これによって，蘭学が大いに興隆した。

スウェーデンのツンベルグ（Carl Peter THUMBERG）は安永4年（1775）8月に長崎のオランダ商館付の医師として来日したが，博物学の知識が深く，日本の本草家や医師は彼を訪ねて質問することが多かった。帰国後の1791年，旅行記「Resa uti Europa, Africa, Asia, fòrràttad Aren, 1770—1779」を上梓した。この書中に日本の紀行文があり，当時のヨーロッパの新知識で書かれていた。

オランダのティツィング（Isaac TITSINGH）は安永8年（1779）にオランダ商館長として長崎に着任し，安永9年（1780）と天明2年（1782）に江戸参府紀行を行なった。彼の日本研究書は多いが，「通俗婚礼志」2冊，「日本葬礼志」，「長崎奉行葬礼絵巻物」，「土砂論の発明者弘法大師伝」，「本草図譜」2巻，「日本全図」1冊，「将軍宮殿図」1枚，「長崎出島蘭館図」1枚，「長崎唐人屋図」1枚，「浅間山噴火図」1枚，「嫁取重宝記」1冊，「日本風俗雑纂」，「秘本将軍列伝・附柳営年中行事」文政2年（1819）刊，「日本国説」文政5年（1822）刊，「仏訳日本王代一覧」天保4年（1833）刊などがある。

なお，地図に関しては，天明5年（1785）に林子平が「蝦夷国全図」を，同6年に最上徳内が北海道の地図を完成している。

オランダのズーフ（Hendrik DOEFF）は寛政11年（1799）にオランダ商館長として来日し，文化14年（1817）に帰国して「日本回想録」(Herinneringen uit Japan)を執筆，1833年（天保4年）に出版した。本書は日本産銅・鉄その他の製品の貿易に関する記事が大部分である。

文化8年（1811）3月，幕府は江戸浅草天文方の高橋景保の建議によって，蛮書和解御用方を設置し，長崎のオランダ通詞馬場佐十郎と江戸の蘭学者大槻玄沢とを召して蘭書の翻訳に当らしめた。そして幕府所蔵の和蘭ショメイルという8巻の書の翻訳を命じた。これはフランスのヌワル・ショメル（M. Noel CHOMEL）が著した「Huishaudelyk Woordenboek」(1743)をオランダのシャルモ(J. A. de CHALMOT)

が1768—1777年に増補したものである。蛮書和解御用方では文化8年（1811）から天保10年（1839）まで馬場佐十郎・大槻玄沢・宇田川榕庵・小関三英らが翻訳を続けた。訳稿「厚生新編」は未刊のまま終ったが，静岡県の葵文庫には訳稿70冊のうち68冊が保存されており，昭和12年には葵文庫長貞松修蔵がこれを出版した。訳述の一例を金石部の鉱物名で記すと，瑪瑙（蘭語アガートステーン），蝋石（アーバスト），金剛砂，アンチモニー，硝石，赤石脂，灰，含玉砂，礬土，陶土（以下略）

地質に関しては，土，浴泉，山，泉，噴泉，山説などがある。

フィシェル（F. van Overmeer FISSCHER）は文政3年（1820）にオランダ商館の書記として来日し，文政12年（1829）に日本を去った。滞日9年中に日本を詳しく研究し，帰国後の1834年（天保5年）にアムステルダムで「Bÿdrage tot de Kennis van het Japanische Rÿk」を出版して，日本の国土，風俗・宗教・学芸等を紹介した。この書には日本産出の鉱物や島原の火山などの記述がある。一例を示せば

「金を出すのは長門・駿河・薩摩・佐渡島その他多し。多くの河底に沙金あり。海岸にも多く，大潮が減退する時金光を見るが，砂を淘汰する収金法を知らぬから此砂金は其儘にして置くと云う」

ドイツのシーボルト（Philipp Franz von SIEBOLD, 1796—1866）が来日したのは文政6年（1823）である。当時，通商を求める外国船に対する幕府の態度はきびしく，文化元年（1804）にロシアの使節レザノフ（N. P. REZANOV）が長崎に来て通商を求めたが拒絶され，文化8年（1811）にはロシアの艦長ゴロウニン（GOLOWNIN）がクナシリ島で捕えられている。シーボルトはドイツの大学で医学と博物学を修め，文政5年（1822）に蘭領東インドの軍医となった。日本派遣がきまったシーボルトは，蘭領東インド総督府に要請して在陸軍倉庫内の貯蔵品から諸種必需品を選んでこれを船便で日本に送附させ，なお不足材料購入費として1827ギルダを支出させている。また彼を援助するためジャワ病院の薬剤師ビュルゲル（Heinrich BÜRGER）と画家フィルレネーヴェ（Carel Hubert de VILLENEUVE）を日本に派遣させている。

シーボルトが来日した頃は，日本は洋学の最盛期であり，彼は熱心に日本の万般について研究し，日本の学者も大いに彼に学んだ。地学の研究はビュルゲルに負うところが多い。商館長ステュルレル（Johan Willem de STURLER）の江戸参府紀行の時も，随行したビュルゲルが日本の学者の質問に答えている。文政11年（1828）11月，シーボルトの帰国に際し，彼の荷物の内から高橋景保から貰った海外携帯禁止の日本地図その他国禁の品々が発見されたため，訊問を受け，翌文政12年12月，シーボルトはようやく日本を去った。

彼は帰国後日本に関する資料を基にして「Nippon. Archiv zur Beschreibung von Japan und dessen Neben- und Schutzländern」を著し，1832年（天保3年）から1852年（嘉永5年）にかけて刊行した。本書は日本を科学的に欧米に紹介した大著述である。その一節「江戸参府紀行」は昭和3年に呉秀三によって訳出された。また「シーボルト日本鉱物誌」の内容は1．日本地理学への寄書（現在の岩石学的鉱物層の地球構造的概観），2．日本における鉱脈の産出，3．日本鉱物学の状況，4．日本鉱業，5．日本の優秀鉱塊の名称および状態，6．気象学的観察　7．鉱業の分析，である。その一例を記すと

「九州の温泉のうち小地獄のものは熱泉にして温泉岳の南斜面の海抜583mにあり。20間近くに数條ありて響を立て泡を起して巌の底より噴き出し，少しも盤地をなすこと無く二三の溝となりしも，山の傾斜を落ちる。湧泉の温度が沸点に達するは鶏卵を其の中に置きしに数分にて煮え固まりしにて知る。泉の水は黄ばみ，石を被える酸化鉄の沈澱より来るなり。周囲の草は瘠せ枯れて焼けたるが如き外観を呈す。泉にて汲み数日間瀬戸の瓶に蓄えたる水は水晶の如く清く鉄を含みたる臭あり。味は渋く，比重は1.01なり。試験の結果はこの水は亜酸化鉄・硫酸・塩酸を少量含むことを知りたり。此水は鋼水に属するなり」

当時の蘭書による薬物，化学の書としては，津山侯の藩医の宇田川玄真による「遠西医方名物考」45巻（文政5年—天保5年，1822—1834），宇田川榕庵の「舎密開宗」21巻（天保8年—10年，1837—1839）などがある。

幕末の蘭学者箕作阮甫は名を虔儒，字名を庠西といい，作州津山に生れ，後に藩医となった。彼は時勢を察して漢方医から西洋医となり，宇田川榛斎を師として蘭学を学んだ。文政9年（1826）には江戸参府のシーボルトにも接見している。天保10年（1839）に天文台に出仕して蕃書和解御用方となった。解職後は翻訳に生涯を捧げたが，その範囲は医薬・地質・鉱物・化石・地理・歴史・兵学・工芸・言語・風俗に及んでいる。訳書は多いが，地学に関する主なものは次の通りである。

「地質辨証」自筆1冊。地質学の総論で，ゼオロギー Geology は第一は大地の流動期，第二は火鼓鋳の時期，第三は火煙山の時期，第四は史伝の時期として地史的特徴を述べている。

「日阿羅義名目」(Geologie) 自筆1冊。鉱物の記載書で，スクードレル (SCHOEDLER) の金石論やホンレオナルド (K. C. von LEONARD) の地質説などを引用して，鉱物30種程の性質・形状・化学式・産地などを記している。

「地殻図説」自筆1冊。地殻生成，地殻の成分，化石・沈澱物及び生物を含める岩石，第一岩層，第二岩層，第三岩層を記している。

「密涅剌羅義」(Mineralogie)自筆1冊。鉱物書を和訳したもの。

「日本記聞」自筆1冊。本書は無人島記・密涅剌羅義・輿地人物総論・大地マグネチスミュス・消皮説を集めたものである。

「大地マグネチスミュス」自筆1冊。和蘭宝函第19の大地に見えたるマグネチスミュスの両極を発見せる説を記したもので，1804年頃に英・米・仏の人々が両極に至ったことを記す。

「地球説略」3冊。世界の地理書で袆理哲の原書を万延元年（1860）に訓点したものである。

その他「星学」，「地理全志」，「衣米針印刷伝信通累略解」などがある。なお，「水蒸船説略」は阮甫が鹿児島の島津斉彬と水戸の徳川斉昭に嘱されて，和蘭の書物を訳したもので，嘉永元年（1848）に稿を起し翌年脱稿している。これはペリー来航の5年以前のことで，日本の造船学並びに船用機関学に関する著書の濫觴とみるべきものである。

箕作省吾は玉海と号す。「坤輿図識」3冊を弘化2年（1845）に著し，補巻4冊を弘化3年に執筆した。補巻の巻一に

「祖古語に曰く，地球は往古は海水のため埋覆せられたり，夫れより久しくして一丘嶺を顕出す。之を祖山と名づく，祖山には遺骨なし。嗣山は祖山の後に顕出するものなり。方今見ざる所の遺骨を見る。今，嗣山を8級に分つ。其一は古山の嶺きは悉く沙石なり。其二は石灰を含む土地なり。其地に於て偉形の獣骨を見る。時としては蜥蜴の大きさ，方今の鰐魚に優る者あり。其三，「ギブス山」と名づく，其山多くは大なる陥空の処あり，其空所に於いてドロウフ石の位置より重なるを見る。其四は皆宝石にして，其の上より水液点滴をなし，其声四壁に響く。其五は「泥亜泥亜（ポロニア）・翁加里亜（ランガリア）国」の如きは最も多し。其地天然に塩阜・塩皿・塩釜及び諸種の器中を出す事土中に塩を出す事恰も中に塩市ありて此異物を造成し出す者の如し。其六は結麗（クレード）土山，フランス及びイギリス国に多し。石炭山は材木の化成したる者ありて洪水前の植物ならんと云う。カラメイン石山とバサルト山，此山は即ちバサルト石重畳積堆あるをもって此称あり。恐らくは火山の噴口より此石を吐出し，一箇の山阜となりたるならん。其景色意表に出ずる事人間界に見るべからざる者多し。或は思哥斎亜（スコンサ）近傍の「スタッパ」のヒンガル洞及び意而蘭土（ヘールランド）の「リュセンウェル洞」の如き是に同じ。其七は季山，是は大洪水後の物にして即ち高山より大洋に河水を流出する時其水に沙土を交えて此海浜に輸り後千年を経漸く一阜州を為す。亜弗利加の大沙海の如きは是なり。其の他には獣骨又はマンモスの獣・甲獣骸を出し，或は草木五穀を養ふべき一種の土を産す。其八は泥緑川に洪水ある時は五穀が平年に倍すると云ふ。其他土中に鉱金を多生す。即ち黄金・白銀・水銀・銅・鉄・錫・鉛又は半金・半石を生ず。此等出す所の地は同一ならず。或は地を掘る事僅にして鉱金を見ることあり。又は深く掘らざれば得ざることあり。之を酔正となさざらんが為に莫大の金銭を費して損失を為す事あり」

とある。附として新訂外震旗譜として万国の国旗を色刷して附している。

佐久間象山，名は啓，字名は子明，通称修理，象山と号した。文化8年（1811）に信濃国埴科郡松代に生れて藩主に仕えたが，天保4年（1833）に江戸に遊学し，幕末の士として，元治元年（1864），その生涯を終った。彼は弘化元年（1844）から蘭書の研究を始め，西洋文化の輸入に努力した。また物産学に心を潜め，嘉永元年（1848）に藩主の命で「踏野日記」を記した。鉱山家として笠ガ岳の麓を記し，五十里産の化石を見て「本草綱目」の解説に満足せずさらに詳細に記している。この他種々記録されているが，物産家として山を調査した時の日記である。

川本幸民は三田藩医で，嘉永4年（1851）に理学の書「気海観瀾広義」を訳述刊行した。理学はオランダでは「ナチュールキュンデ」と云い，天地万物の理をきわめる学である。本書は日月星辰より動物・植物・化石・金石に至るまで記されており，地学の全域にわたっている。

広瀬元恭は安政3年（1856）に「理学提要」を著した。その内容は数学・物理・化学・気象・地理・地質・鉱物・植物・動物に及んでいる。永井則は筑前黒田藩の蘭学者で，「泰西三才正蒙」7冊を嘉永3年(1850)に著した。その中で，「地球は陸と水に分れている。陸は基山で即ち大理石・石灰岩・白土・結麗土・石炭・石油・金・銀・銅・鉛・亜鉛や其他の鉱物を作る」とし，「水は雨・川・沼・氷・雲その他を作る」とした。

その他西洋科学の全域にわたって努力した蘭学者に青地林宗（安永4年，1775—天保4年，1833），橋本曇斎（宝暦13年，1763—天保7年，1836），大槻磐理（天明5年，1785—天保8年，1837），杉田立卿（天明6年，1786—弘化3年，1846），坪井信道（寛政6年，1794—嘉永元年，1848），杉田成卿（文化14年，1817—安政6年，1859）らがいる。

ペリー（M. C. PERRY）は嘉永6年（1853）に米国の艦隊を引率して浦賀に来航し，翌安政元年には再来して，北は北海道から南は琉球島・小笠原島まで詳細に観察した。そして帰国後の1856年，「日本遠征記」(Narrative of the Expedition of an American Squadron to the China Seas and Japan preformed in the year 1852, 1854）をワシントンで出版した。本書は当時の日本および中国誌で，1冊は東方紀行および日米折衝の記録，2冊は動植物及農工業の記事，3冊は天文学的測量の記録である。地学の各分野についてみると，金属では金・銀・銅・鉄その他の性質を記して産地を掲げ，鉱山では採鉱・探鉱・冶金を記し，その応用では刀剣・時計・大工道具まで記して，日本人は欧米文化の消化が早いと云っている。天文学では日本の技工は望遠鏡・寒暖計・晴雨計を作り，暦を作っているとし，窯業ではガラスは色無しと色付きと目的の差によって上等に製造し，磁器は美しく製造しているとしている。記文の一例として小笠原島を記せば

「——土地が高く，荒涼として岩が多く，明らかに火山型である。島々は青葉に包まれ，熱帯植物が海岸の水際から丘陵の上まであり，珊瑚礁が海岸の所々にある。（中略）崖はほとんど斧で切ったような形状をしているが，明らかに火山変動の最中に液体熔岩と岩とが運河中へ出口を見つけて流出した。南崎から向う側の海岸へ非常に珍しい天然の洞穴即ちトンネルが玄武岩でできており，入口の幅は約15呎ないし50呎，高さは30呎ないし50呎ある。ここへはボートが入れる。他にも洞穴またはトンネルが5ないし6ある。地質は柱状の玄武岩が現われており，角閃石と玉髄が発見され，過去の火山活動の証拠がわかる。土地の老人の話では，地震も多く経験したと云う」（以下略）

ポンペ（POMPE van Meerdervoort）は長崎の幕府の海軍伝習所の医学と理学の教官として安政4年(1857) 8月から長崎奉行宅で講義した。奉行の願いで医学の他に地質学と採鉱学を教えた。文久元年(1861) 9月に日本を去り，帰国後1867年に「Vijf Jaren in Japan」(日本における5カ年) を出版した。書中に金・銀・銅・鉄・鉛・石炭等の日本の鉱物が記してある。

ビショップ(Gustav BISHOP)は幕府の援助で主に北海道の地質調査をし，1860年（万延元年）に「Geological Itineraries of Journeys in the Island of Yesso in Northern Japan」(北海道地質旅行記)を著した。本書は非常に完全に記しているので，日本人が明治に調査するのに役立った。

アメリカのパンペリー (Raphael PUMPELLY) とブレーク (William P. BLAKE) は幕府の招聘で地質および鉱山調査のため文久2年 (1862) に来朝した。そして4月に箱根を調査し，後に北海道各地の地質・鉱山調査を指導した。幕府はこの調査に役人5人を同行させた。その内の1人大島高任は箕作・坪井両氏に蘭学を学び，弘化3年 (1846) に南部藩命で長崎に行き洋式砲術や採鉱・精錬を学び，慶応元年 (1865)には小坂銀山開坑に従事している。パンペリーとブレークは文久3年 (1863) に日本を去ったが，パンペリーは1866年に「Geological Researches in China, Mongolia and Japan, during the years 1862 to 65」を，1871年に「Notes of a Five Years Journey Around the World and Residence in Arizona, Japan and China」を発行した。またブレークの報告書は明治7年 (1874) に開拓使から「Abstract of Report of Wm. P. Blake, Geologist and Mining Engineer, November 20th, 1871」として刊行された。以下に両氏の調査記録の一例を示す。

――オサベツ付近で非常に曲った角岩 (Hornstone) の層が海岸に現われ，その南は凝灰岩と礫岩と熔岩流からなる。これらは粗面岩起源の岩石である。この半島は非常に古い粘板岩と緑岩を伴なう砂岩からなっている。火山について恵山を記すと，噴火口は最近の噴出と認められる軽石や他の岩石も見つけなかった。これは衰退期である。噴火口の壁から蒸気とガスとを出し，付近で硫黄を採取している。渡島半島の北部は火山岩の崖が多く，南部は古い変成岩の緩い地である。オトシベツ付近には頁岩と砂質粘土の累層があり，多くの有機物を含んでいる。土中で牡の化石を発見した。ヤムクシナイで石油を発見した。クンヌイ鉱山は砂金地で，平地をなした最近の成生で，オトシベツと同じく貝の化石を発見した。岩石は含金礫・粘板岩・玉髄・水晶をもつ杏仁状熔岩で花崗岩の変種を含んでおり，マンガンの酸化物の破片をも含んでいる。蝦夷（北海道）の西海岸は火山岩で，とくに凝灰質蛮岩が大部分を構成している。海中では高い火山が噴出して，数えきれぬ島々を離している。火口から熔岩は海水につかり，付近には酸やアルカリ塩を含む温泉をつくっている。函館の岬と恵山の近くの如く，凝灰岩の沈殿した広大な層は粗面斑岩とわかり，中に長石と角閃石とが再結晶している。イチノワタリ鉱山では谷間に入口があって，鉱石は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・硫化鉄を伴なう菱苦土鉱である。鉱脈を包囲する岩石は石灰岩と粘板岩と緑岩とである――

このパンペリーとブレークの調査は，明治になってアメリカ人ライマンらが北海道の地質調査をする際の基礎となった。こうして，江戸時代には本草学や物産学の発展とともに西洋科学の摂取が行なわれて，明治時代に始まる日本の地質学発展の土台が築かれていったのである。

以上，古代から明治維新までの日本の地質学および関連学の発展の経緯を述べたが，なお，地震・火山・温泉・隕石など記述すべきことが多い。これらについては紙数の関係もあるので稿を改めることにし，今回は省略した。本稿を終るにあたって，東京地学協会の坪井誠太郎会長，同日本地学史資料調査委員会の小林貞一委員長はじめ委員各位，就中本稿を整理して頂いた今井功博士に深く謝意を述べると共に，今後の御協力を希望する次第である。　(1979年1月10日受理)

地学雑誌 88, 2 (1979)

北西太平洋変動帯について
―「朝鮮・日本列島地質構造論考」1976, 補遺―

立 岩 巌

On the Northwest Pacific Tectonic Zone-Supplements to "The Koreo-Japanese Tectonic Zone" by Iwao TATEIWA in 1976

Iwao TATEIWA

Abstract

As already interpreted by the writer in "The Koreo-Japanese Tectonic Zone" 1976, the Northwest Pacific Tectonic Zone can be geologically comparable with that having the frontal orogenic belt represented by the Alps-Himalayan Mounts. It covers an extensive area in the eastern part of Eurasiatic continent, the western limit being demarcated by the Baikal Rift System, extending northeasterly about 2,000 km in Siberia, and is constructed of the structural zones mentioned below, which are combined intimately with each other by mutual relationship in genesis.

1 : Zone of continental massives characterized in structure by tension faults of the limited directions, NE-SW, NW-SE, E-W,etc. together with grabens and tilted blocks, accompanied by tension faults (Fig. 1).

2 : Frontal orogenic belt represented by a series of insular arcs mostly with convex side towards the Pacific Ocean, and characterized with compound zonal structure shown by beds of various ages, complicatedly folded and disjuncted by shear faults (Fig. 2 and 3).

3 : Marginal seas with troughs probably of a rift and structural basin origin, on the inner side of insular arcs.

4 : Deep sea trenches developing along the outer side of insular arcs.

Each of the insular arcs together with the troughs and the deep sea trenches along the insular arcs constitutes structural sectors as shown in Fig. 6.

The fundamental pattern of the above structures is insisted to have been developed step by step by the crustal movements of the Jurassic, the Late Cretaceous-Early Tertiary, the Mid-Tertiary and the Neogene-Pleistocene ages.

On the origin of the insular arcs and marginal sea basins, various opinions and hypotheses, based upon geological or geophysical investigations, have been presented, although many problems unsolved have been remained because of insufficient data. So far as the Northwest Pacific Tectonic Zone is concerned, however, geological facts demonstrated by observations on the earth surface, imply that firstly the characteristic structures of the insular arcs, above mentioned, may be best explained by the concept of compressional forces repeatedly worked to have lifted into folds and thrusted up the insular arcs towards the Pacific Ocean and nextly that the insular arcs have been drifted

oceanwards away from the continent. The movements would cause downwarping of the oceanic crust to form the deep sea trenches.

Figs. 1-9, newly provided here may elucidate in a certain extent recent ideas of the writer on the global tectonics in the Tectonic Zone in question.

I. 緒言——北西太平洋変動帯概説

北西太平洋における島弧の連鎖は，地球上他に比をみない特異な配列であるが，併せて注目すべきは，その外側に寄りそう顕著な深海溝，内側に配列するオホーツク海・日本海・東シナ海などの海盆，さらに海盆の対岸においていくつかの特定方向をとる海岸線をもつ大陸地帯の存在である。

これまでにおける調査研究の結果を綜合すると，上記の，いわば大陸海洋間の漸移帯ともいうべき地帯の構造要素の相互間には，構造発達上極めて緊密な関連の存在することが明らかである。前2帯は主として圧力テクトニクスの場におかれた地帯，他は主として張力テクトニクスの場におかれた地帯である。

構造発達の歴史は若い。すなわち，日本列島の胚芽的存在を示唆する古日本弧（徳田，1931）が，中生代中期，詳しくはジュラ紀前期大同系後，白亜紀慶尚系前，大陸の前縁に出現して以来，白亜紀末一第三紀初め(仏国寺世)，第三紀中期，および新第三紀一洪積世の変動を主要な段階として，逐次的に達成されたもの，といってよいのである。

次にこの変動帯の西方限界の問題であるが，これは，この地帯を特徴づける構造の卓越する西方限界の問題であり，従って筆者は，シベリアのバイカル湖盆を中心として NE-SW 方向におよそ 2000km に及ぶバイカル地溝系（Baikal Rift System, PAVLOVSKI, 1937）をその西方限界とするに躊躇しない。

この構造線以西にはこの方向をとる構造線はもはや卓越しない。代って卓越するのは NW-SE ないし E-W 方向の構造線であり，このことは，サヤン・アルタイ・天山・アルチン・崑崙・ヒマラヤその他の東西性山嶺の平走していることによって示唆される。もしこの東西性構造の卓越する地帯をもって，ヒマラヤ造山帯を前縁とする1の変動帯をあらわすものとすれば (MOLNAR, et al, 1975)[1]，問題の変動帯は正にこれに対応し，同じくグローバルな大構造単元をなすものといわねばならない。最大幅（バイカル地溝系一日本海溝間）およそ 3500km，長軸の延長（広東省西部一千島・カムチャッカ弧北部間）およそ 6500 km の地帯である。両変動帯を地理的に明らかに区別するのはもちろん不可能であるが，大体においては，バイカル地溝系より南方四川省東部を経て，南シナの広東省西部に至る線をもって大体の境界とするのを適当とするようである（Fig. 1をみよ)。

北西太平洋変動帯の概要はおよそ以上のとおりであるが，このような海陸の巧みな配置は，これまでにしばしば，地質学的および地球物理学探究のよき対象として取り上げられているのは至極当然のことであり，それに関しては，これまでに多くの調査研究の成果が発表されている。筆者も1976年「朝鮮・日本列島地帯構造論考」中で一応の見解をまとめているが，同書は要するに，朝鮮を主とする大陸の諸地域に関する調査研究の成果を広く紹介し，併せて，大陸地域の構造発達に関する知見を可能な限り許容した上で，北西太平洋変動帯の前縁をなす島弧の構造発達に論及し，大陸地塊・島弧間に成因上密接不可分の因果関係の存在することを論じたものであった。

しかし，問題の性質上，また特に，調査の著しく遅れている広域を所々に残している現段階ではある程度やむを得ないであろうが，構造論中には十分な基礎資料を欠き，今後の考証にまつべき多くの点が残されており，また，問題提起の枠を脱していない点もある。なお論義は地球表面で観察された地質学的事実に基づく当然の結果として，大陸より太平洋方面への強力な側圧を認識し，その理念を基本として終始進められているので，全く異なる前提条件下に問題を考える人達を十分説得できることは，もちろん困難であろう。

1) アジア大陸におけるヒマラヤ・天山をはじめとする大構造は，インド・ユーラシア両大陸塊の衝突によって生起，または古い造山帯の若返りにより形成された，とする壮大な見解が述べられている。

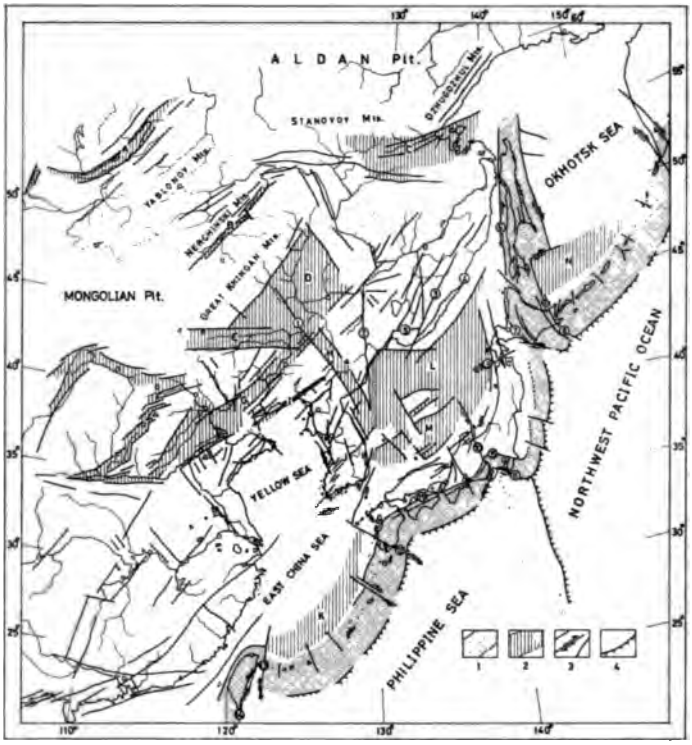


Fig. 1 Neotectonic map of the Northwest Pacific Tectonic Zone
1 : Frontal orogenic belt, 2 : Grabens and structural basins, 3 : Faults, Trench axis("Plate" boundary), A : Baikal Rift System, B : Argun-Dalai Rift System, C : Zeya-Uda Graben, D : Manchurian Structural Basin, E : Silamulen Graben, F : Shansi Graben System, G : Po-Liao Graben, H : Tanch'ŏn-Chilin Graben, I : Amnokkang Rift System, J : Yŏngdong-Chin'an Graben System, K : Ryūkyū Trough, L : Japan Trough, M : Yamato Trough, N : Kuril Trough, ① : Hei-Liao Divide, ② : Mutanchiang-Yusŏng Line, ③ : Central Sikhote-Alin Line, ④ : Coastal Line, ⑤ : South Sikhote-Alin Line, ⑥ : Tatalski Line, ⑦ : Sapporo-Tomakomai Line, ⑧ : Kushiro-Abashiri Line, ⑨ : Tsugaru Channel Line, ⑩ : Itoigawa-Tagonoura Line, ⑪ : Sagamiwan Line, ⑫ : Kagoshima Central Line, ⑬ : East China Sea Line, ⑭ : Taitung-Hualien Line, ⑮ : Median Line.
Literatures : BERSENEV, 1971 ; TATEIWA, 1976 ; Geol. Academy, China, 1976 ; etc.

この小文では，前に渉[illegible]し えなかった文献およびその 後 の新文献を可能な限り参 照 し，拙書に対する最初の 補 遺を試みようとしたもの で あり，古日本内海 (Prot[illegible]o-Japan Inland Sea)・扇[illegible]状 構造区 (Structural secto[illegible]r) などの提唱や地溝等の名称[illegible] 改称などを行なっているが，[illegible] これまでにおける筆者の[illegible] 造論については，基本的[illegible]に は何等変更するところが[illegible]な く，むしろこれを強調発[illegible]展 させることになったのを[illegible] ずる。なお，Figs. 1–9は，[illegible] 現知見に基づき今回新た[illegible] 編図したものであり，併せ[illegible] 御批判をいただければ幸甚[illegible]で ある。

謝辞 糸魚川・田子ノ浦[illegible] に関するその後の情報につ[illegible] ては，信州大学山下昇教授[illegible] 御好意によるところが多い[illegible] 金沢大学絈野義夫教授およ[illegible] 東海大学大草重康教授から[illegible] ソビエト学者による最新の[illegible] 文の写しをいただいた。また[illegible] その日本語訳（全訳または[illegible] 分訳）については大草教授[illegible] 御教示をしばしばいただ[illegible] た。中国の近年における地[illegible] 学の進歩については，愛媛大[illegible] 学佐藤信次教授（当時東京[illegible] 育大学)に負うところが多い[illegible] 執筆は，大半，1975年秋まで長年にわたり筆者の勤務した株式会社応用地質調査事務所（深田淳夫会長[illegible] 陶山国男社長）の御好意により同所内で行なわれ，その間何彼と多大の便宜が与えられた。なお同所の[illegible] 田忍氏からは折にふれてしばしば参考意見を頂戴した。同じく松尾行洋氏には原稿閲読の労をお願いし[illegible] た。また説明図の製図については，同氏および同氏夫人をわずらわした。この機会に，応用地質調査事[illegible] 所ならびに上記の諸氏に対し心から感謝の意を表する。

II. 島弧の圧力テクトニクスについて

は圧力テクトニクスによる褶曲構造が卓越しており，その典型的な例を，われわれは西南日本弧みる。しかし他の島弧では，それに対応する構造の主要な部分またはその殆んど全体が海没して没域では，辛うじてその位置が，深海溝の大陸側斜面によって示唆されているに過ぎないのであ

特長づけるのは，後述の如きとして，一般的には，弧の内大陸方面に傾斜する軸面をも造，同じく内側に傾斜する衝つ逆ないし押し被せ断層，さ褶曲軸に平行ないし直交する断層 (Fig. 2) などであり，る4組の褶曲体系によって構

,

日本弧を構成し，主として古びそれより古い岩層，たとえ・朝鮮系・先カンブリア変成よりなる体系

日本弧の内側に発達した古日Proto-Japan Inland Sea) のたとえば,和泉砂岩層その他ラフトなどの各地に知られて紀層，筑豊・常磐・石狩・釧日の第三紀層よりなる体系

日本弧の外側に形成された地質層，たとえば四万十層群・日南層群・牟礼層群・富士川下流地区の第三紀層群などよりなる体

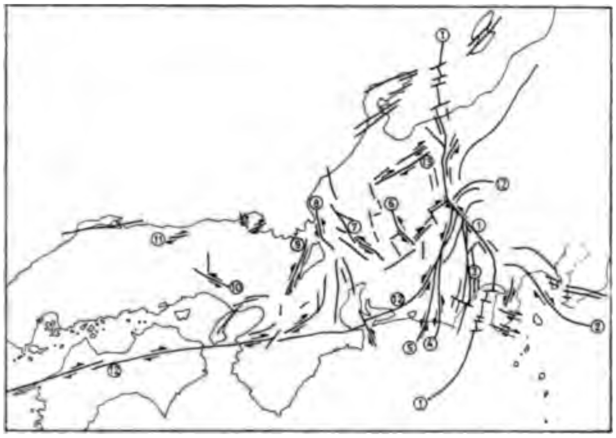


Fig. 2 Lateral slip faults in the central part of Honshū, Japan. ① : Itoigawa-Tagonoura Line, ② : Sagamiwan Line, ③ : Itoigawa-Shizuoka Line (Shizuoka Line), ④ : Yaegochi Line, ⑤ : Akaishi Line, ⑥ : Adera Fault, ⑦ : Neodani Fault, ⑧ : Yanagase Faults, ⑨ : Hanaore Fault, ⑩ : Yamazaki Fault, ⑪ : Tottori Fault, ⑫ : Median Line, ⑬ : Atotsugawa Fault.
Lteratures : KIMURA (T), 1959 ; FUJITA (K), 1962 ; KIMURA (M), 1972 ; MATSUDA, 1972 ; OKADA, 1973 ; MURAI・KANEKO, 1973 ; TATEIWA, 1976 ; etc.

リーンタフに伴なわれた新第三紀層よりなる体系

ような複合体系は，幾回もの地殻変動をうけて甚だ複雑な構造のものとなっており，また，大小合面が発達していることから，地史・古地理に繁雑な変遷のあったことが容易に推察される。の機会に注意を喚起しておきたい一事は，日高一サハリン帯を含め東北日本や西南日本の日本海こ，上述の褶曲体系とは異なり，弧の外側に傾斜する軸面をもつ褶曲構造が所々に知られているる。このような構造が如何なる地質条件によって形成されたかについては，これまでに触れていない視野から推察して，日本海側からの海底地盤による側圧に，日高・サハリン帯の場合は，そて，オホーツク海の陥没に基づく東方からの側圧によってもたらされたものではないかと予想さの考証にまつべき重要課題のひとつであろう。

褶曲体系のうち1と3とは，構造上しばしば分離困難である。これらを併せて，島弧の中軸をな系とみなすこともできよう。これと4との間には1の隆起帯，すなわち，西南日本弧では中国東北日本弧では阿武隈・北上隆起帯と1の沈降帯，すなわち，西南日本弧では瀬戸内沈降帯，東北東北沈降帯がそれぞれ介在する。さらに西南日本弧をみると，南海々溝の大陸側斜面にも，西部におけると恐らく同様な褶曲体系の存在が考えられるので，さらに外側には，四万十層群など

に珪岩礫を供給した陸域，つまり黒潮古陸が存在していたことになる。

このようにして西南日本弧と東北日本弧は，Fig. 3に示したように，それぞれ5または4の相平行する構造帯によって構成されていることになろう。

島弧・大陸地域間における上記の対照的な関係は，もちろん，古い時代から存在していたわけではない。この点に関連して筆者による既往の説明を補足すると，日本の地殻変動史は，秋吉（石炭紀一三畳紀），佐川（ジュラ紀一古第三紀），大八洲（新第三紀一第四紀）の3大造山輪廻（KOBAYASHI, 1941），本州地向斜時代（石炭紀一二畳紀），本州造山時代（二畳紀一三畳紀），本州地背斜時代（三畳紀一新第三紀前期），分化時代（新第三紀一第四紀）に大別され，そのうち本州地背斜時代は地背斜隆起時代と広島変動時代（酸性火成岩類の大迸入）に2分される（山下，1957）。なお分化時代はグリーンタフ変動（湊・井尻，1958）の時代とも呼ばれている。その他にも若干の変動時階区分は提唱されているが省略する。

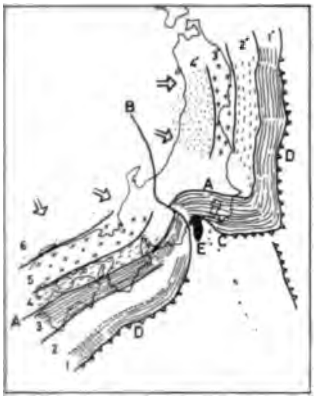


Fig. 3 Structural zones in Southwest Japan Arc and Northeast Japan Arc. 1, 2 : Kuroshio Paleo-land, 3 : Axial Anticlinal Zone, 4 : Seto-uchi Depression, 5 : Chugoku Uplifted Zone, 6 : "Green Tuff" Zone, 1′ : Axial Anticlinal Zone, 2′ : Northeast depressed Zone, 3′ : Abukuma-Kitakami Uplifted Zone, 4′ : "Green Tuff" Zone ; A : Median Line, B : Itoigawa-Tagonoura Line, C : Sagamiwan Line, D : "Plate" boundary. E : Izu-Hakone Massif.

要するに日本では，時期によりまた地域的には張力テクトニクスの場となって，正断層や地塊運動を起こしているが，大体においては，終始圧力テクトニクスの場にあったといっても過言でない。

これに対し大陸地域では，地質調査の比較的進歩している朝鮮を例にとって述べると，ジュラ紀までの古期岩層，つまりジュラ紀大同系およびそれより古い岩層は，例外なく，岩層の褶曲，逆断層，押しかぶせ断層などにより著しく擾乱しており，または著しい偏圧を受けているが，白亜紀またはそれ以後の岩層は，正断層によって切断され，また正断層に伴なわれた地塊運動によって擾乱されているが，褶曲構造はあっても，従属的な存在に過ぎない。白亜紀層でも地方によっては殆んど水平状態を保っている。

なお褶曲構造の軸方向や逆断層・押しかぶせ断層の線方向をみると，北朝鮮ではNW-SE, NE-SW, WNW-ENE, E-W, N-Sなどとまちまちであるが，南朝鮮では一般にNE-SW方向をとる（Fig. 4をみよ）。古日本弧は当時における大



Fig. 4 Structural lineaments shown by the Pre-Cretaceous rock formations in Korea (folding axis, shear faults and schistosity of Pre-Cambrian rocks).

塊の前縁地帯にあって，恐らく，先カンブリア変成岩類を含む古期岩層によって構成され，NE-SW 方向をとる褶曲軸によって著しく褶曲していたのではないかと推察されるのである。

島弧の折れ曲り構造の発生に関する既往の私見を要約すると，東北日本弧・西南日本弧間の折れ曲り構造は伊豆・箱根地塊，つまりナウマンのいわゆる七島山脈 (NAUMANN, 1885)，琉球弧・台湾弧間の折れ曲りは，台東山脈・バタン諸島・バブヤン諸島など一連の若い火山岩地区によって示唆される南北走向の海嶺，千島・カムチャッカ弧とアリューシャン弧との間の折れ曲りは，北西太平洋海嶺の，それぞれの特に強い抵抗に基因して生成された可能性が大きい。

朝鮮に，WNW-ESE, NW-SE, NNE-SSW, N-S 等の方向をとる左横ずれ断層の認められることは，前に述べたとおりであるが（立岩，1976），ずれの方向から，琉球弧の運動に関連して発生した疑いがある。また鮮満地塊の稜線をなす妙香山脈は，朝鮮半島の脊梁をなす太白山系の北方延長にあたる狼林山脈を境として位置の喰い違いが明瞭であり，それによると，東側の山系が西側のそれに対し数 10km 程度南方にずれていることになる。このことは，もちろん，今後の考証にまたねば確言できないであろうが，もし実際に上記の如きずれがあるとすれば，これは，右ずれ要素をもつ朝鮮方向の断層に基因するものであり，このような断層の運動が，太白山系の構造発達に関与していることを示唆する。またその運動は，西南日本弧の移動，ひいては，西南日本弧・琉球弧間の折れ曲り構造の生成に関与していると考えられるのである。

西南日本外帯の褶曲帯が関東山地以東で海没してからの北方延長は，断層により，しばしば横断されながらも，結局日高帯に，さらにサハリン帯に連なるものと推察され，また，千島・カムチャッカ弧の褶曲帯も元来それに連続し，それぞれ環太平洋造山帯の一環をなすものと予想される。

この問題についての私見を要約すると，日高—サハリン帯の北方延長は，南北性の右横ずれ断層または断層群の運動によって反転，再び北海道に戻り，地殻変動により著しく擾乱されるが，最後に，北海道東部に至ってほぼ南北走する右横ずれ断層すなわち網走・釧路線によって横断され，それに沿って南方に転位，千島列島沿いに北東走するに至ったものと予想されるのである。なおこのような見解は，今後の考証にまつべき特に多くの点を含んでいるのは否めないが，しかし全く架空的なものでないことも確かであり，むしろ，基本的には，唯一の正しい路線に沿って論義をすすめているのではないかとも思われる。切に今後の考究が望まれることである。

折れ曲りは前に指摘したように実証ないし推定による大規模横ずれ断層に伴なわれており，その運動が折れ曲り構造の発達に重要な役割りを演じていることを示している（立岩，1976）。

西南日本弧・東北日本弧間の折れ曲り構造の発達に，次記の如き2組の大規模横ずれ断層が関与しているのは，特記に値いする。その一は糸魚川・田子ノ浦線（立岩，1976），他は相模湾構造線（木村政昭，1972；村井・金子，1973）である。前者は，日本海中央部の大和堆東部に発して富山舟状海盆を縦貫，糸魚川と田子ノ浦を結ぶ線で本州中部を横断し，駿河湾の海谷に入り，さらに南海々溝に沿って遠く南西方に延長する。陸域での観察結果から判断すれば，横ずれ要素をもつ逆断層に属するものと思われる。

この構造線については，近年，松本盆地から北方姫川上流にいたる地区の数ヶ所において確かな露頭が発見され，露頭部における岩盤破砕状態が詳しく記載されており（石井久夫，1973），その他にもその位置を示唆する種々の事実が報告されている（茅原一也，1976；水野学，1976；西宮克・植田良夫，1976；竹内章・坂本満，1976；河内洋佑ほか，1966；松本盆地団体研究グループ，1977；山田哲雄ほか，1976）。なお海底地形から推測すると，海域では所々において横ずれ断層に横断されているのは明らかであり，推測の範囲では，いずれもが右ずれであるのは注目に値いする。東北日本弧が東方に大きく張り出した運動の影響と予測されるからである（Fig. 5）。

一方，相模湾構造線は，北東に彎曲し日本海溝に沿って北進するものと考えられ，性格上糸魚川・田子ノ浦線に対応する。後者と共に，大陸地殻・海洋地殻間の境界をなす可能性は大きい。

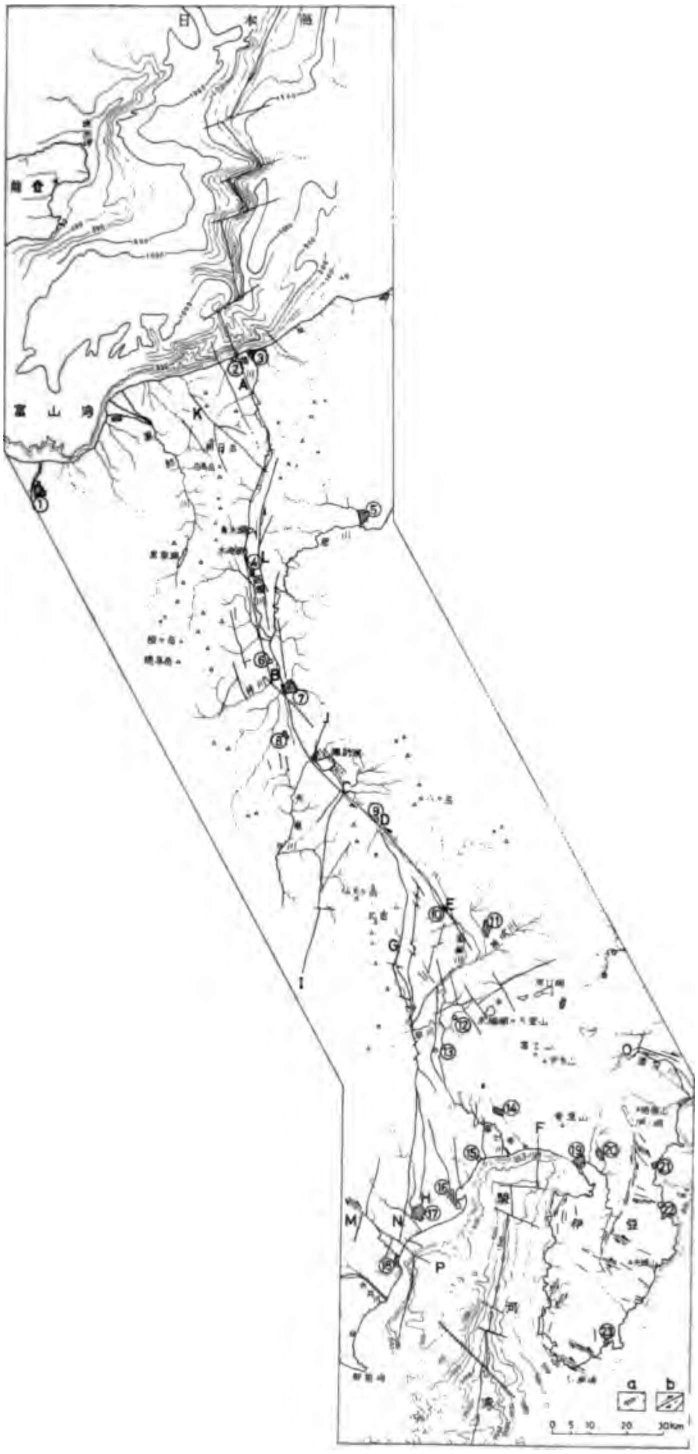


Fig. 5 Tectonic map of It[illegible]tc gawa-Tagonoura Line tra[illegible]a ersing in the central part [illegible] Honshū, Japan. a: Dept[illegible] contours in metres, b: = : Faults; A-B-C-D-E-F: = : Itoigawa-Tagonoura Line, [illegible] A-B-C-D-G-H: Itoigawa-[illegible]a Shizuoka Line, I-C, J: = : Median Line, K: Kuro-[illegible]o-fuyama Faults, L: Naka-[illegible]a-yama Fault, M: Sasayam[illegible] Line, N: Jūmaisan Lin[illegible]ne O: Kannawa Fault, P: = : Sunzu Fault: ① : Toyam[illegible]a, ② : Ōmi, ③ : Itoigawa [illegible]a, ④ : Ōmachi, ⑤ : Nagano[illegible]o, ⑥ : Toyoshima, ⑦ : Ma[illegible]a-tsumoto, ⑧ : Shiojiri, ⑨ [illegible]: Fujimi, ⑩ : Nirazaki, ⑪ [illegible]: Kōfu, ⑫ : Shimobe, ⑬ [illegible]: Minobu, ⑭ : Fujimiya, [illegible], ⑮ : Yui, ⑯ : Shimizu, ⑰ [illegible]: Shizuoka, ⑱ : Yaizu, ⑲ [illegible]: Numazu, ⑳ : Mishima [illegible], ㉑ : Atami, ㉒ : Itō, ㉓ [illegible]: Shimoda. Literatures: MATSUDA, 1958; TSUY[illegible]YA, 1968; ISHII, H, 1973; C[illegible]HI-HARA, 1976; NISHIMIY[illegible]A, UEDA, 1976; SHIMAZU [illegible] et al., 1976; MIZUNO, 197[illegible]6; TATEIWA, 1976; TSUN[illegible]EI-SHI, SUGIYAMA, 1978 ; etc.

Fig. 5は，その後の資料を斟酌して今回あらたに編集したものであり，主として糸魚川・田子ノ浦線のネオテクトニクスを示す。

次に，上記両構造線によって古日本弧は，成因上特に緊密な相互関係によって結びつけられる島弧・深海溝・縁海盆よりなる2つの扇状構造区（structural sector），すなわち，西南日本弧・南海舟状海盆・大和海盆よりなる西南日本区（Southwest Japan Sector）と東北日本弧・日本海溝・最上舟状海盆を含む日本海の一部よりなる東北日本区(Northeast Japan Sector)とに区分される。さらに，これに準ずる組合わせにより，東北日本区の北東に連なる千島・カムチャッカ区（Kuril-Kamchatka Sector），西南日本区の南西方に連なる琉球区（Ryukyu Sector），台湾―ルソン区（Formosa-Luzon Sector）が区別される。

ついでに述べるが，千島・カムチャッカ区は西方アリウシャン区(Aleutian Sector)に連なり，台湾―ルソン区は，フィリッピン―セレベス区（Philippine-Celebes Sector），次いでスンダ区（Sunda Sector）と連なり，さらに，ビルマ北辺においてヒマラヤ区（Himalayan Sector)に連なることになろう(Fig. 6をみよ)。

島弧の構造発達に関する現知見を綜合するとおよそ以上のとおりであるが，要するに，弧の内側からの側圧を重視することによってはじめて，無理のない合理的な解説が可能になるのである。島弧が太平洋方面に移動していることを肯定した上でのことである[2)]。

2) 日本列島が大陸から次第に遠のいていることは早くから認められているが，近年この現象に関し，アジア大陸プレート下深くもぐりこんだ太平洋プレートの一部が溶けて上昇し，日本列島を大陸からひき離し太平洋方面に押し出した，とする一説（竹内均，1976：学士会会報，1976-Ⅱ,No. 731, 29-32)がある。

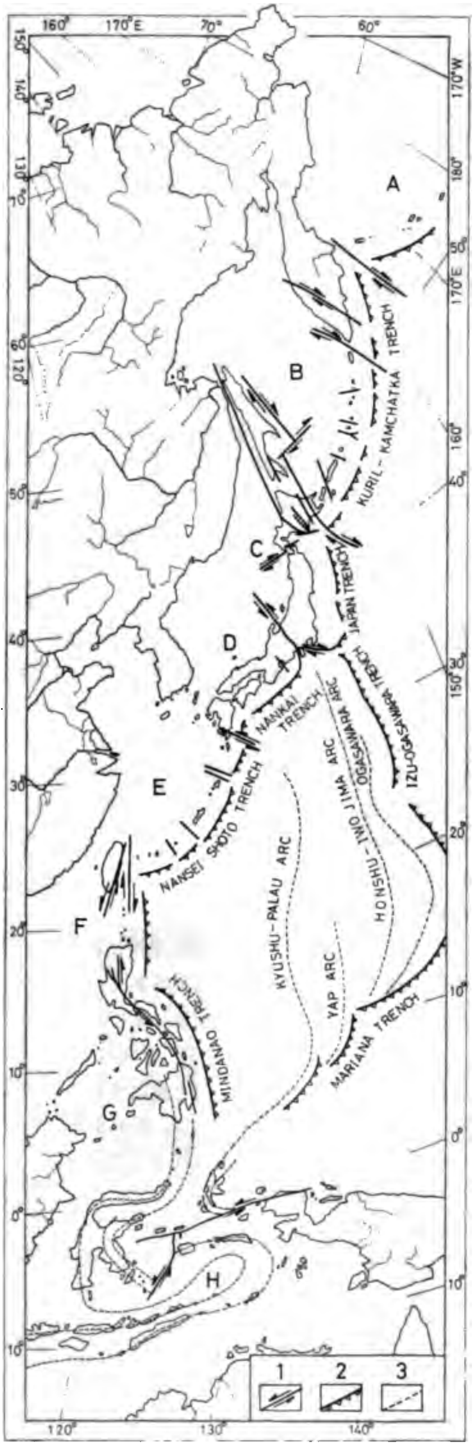


Fig. 6 Structural sectors and lateral slip faults in the orogenic belt of Northwest Pacific Tectonic Zone. 1 : Lateral slip faults 2 : Trench axis ("Plate" boundary), 3 : Traces of Arcs ; A : Aleutian Sec., B : Kuril-Kamchatka Sec., C : Northeast Japan Sec., D : Southwest Japan Sec., E : Ryūkyū Sec., F : Formosa-Luzon Sec., G : Philippine-Celebes Sec., H : Sunda Sec. Literatures : TOKUDA, 1930 ; ARITA, 1954 ; ALLEN. 1962 ; KONISHI, 1965 ; GNIBIDENKO, 1971 ; MARTIN, 1972 ; GEODEKYAN et al. 1976 ; TATEIWA, 1976

III. 大陸地塊の張力テクトニクスについて

島弧における褶曲構造の発達は，地殻上表部の短縮を明示し，褶曲状態から推察すると短縮の総和は甚だ大きい。その当然の結果として，隣接区域つまり大陸側には張力の場が生じ，そこでは，結果として正断層や地塊運動をもたらす変動がおこる。それは，白亜紀末一第三紀初めの大変動すなわち仏国寺変動以来の現象であり，その主要な部分はアルプス運動の一環をなすであろうが，大陸地域では，かって丁文江(1929)が南シナの南嶺運動に関連して指摘したように，造山運動の型式ではなく，主に正断層や正断層に伴なわれた地溝や傾動地塊を生起させるものであったのである（Fig. 1）。

正断層系

各説的な記載は拙書（立岩，1976）にゆずり，ここでは単に総括的に要点に触れるにとどめる。特に卓越するのは北西太平洋前緣造山帯の大体における延長方向に平行するNE-SWおよびそれに近い方向，すなわちシナ方向（Sinian direction）と，それにほぼ直行する朝鮮方向（Korean direction）の2系列のものであり，それらの交錯により至るところにいわゆるX字型構造区が構成されている。

両断層系間の前後関係は一定していない。統計上では朝鮮方向の断層がシナ方向のそれを切っている場合が明らかに多いようである。前後関係が一定しないのは，これらの断層が少なくとも前後2回の変動，すなわち仏国寺世と第三紀中期の変動に際し，運動の場および方向性をほぼ共通にして生起した場合の多いことによるものと思われる。

ほかに，大体において東西・南北・WNW-ESE・ENE-WSWなどの方向をとる断層系も認められる。

東西方向の断層は，数ケ所の限られた地帯，すなわち，（1）北緯57°—60°，（2）同50°—53°，(3)同41°—43°，（4）同35°，（5）同25°などの地帯に集中的に多い。ほぼ同様なことは，李四光（1955）によってもすでに指摘されている（Fig. 1をみよ）。

以上のうち北緯41°—43°の地帯は，南満州のシラムレン地溝から，東方渾河・太子河の東西性河谷，鮮満国境の鴨緑江上流地帯，シホテアリン山地南西端部を経て，東北日本・北海道間の津軽海峡地区に及ぶ。

南北方向の断層系としては，満州東部山地の牡丹江河谷から嘎呀江河谷・鮮満国境の豆満江中流・朝鮮北部の会寧川・輸城川などの南北性河谷を連ね，さらに南進して七宝山地塊沖における深海盆の急斜面に及ぶと思われる長大な例がある。日本深海盆の生成に重要な役割を演じた断層のひとつである。この系列に属する断層は比較的少ない。

以上のほか朝鮮半島の南海岸地帯には，ENE-WSWないしE-W方向の韓山系（Hansan System，小藤，1903）と呼ばれる断層系があり，実証不十分ではあるが，その運動は，わが中国地方の日本海沿岸地帯の構造発達に大きい影響を与えているようである。

なお朝鮮中部にWNW-ESE方向の断層の多いことも見逃せない事実であろう。

最後に指摘したいのは方向を異にする構造帯が相交錯する場合についてである。多くの場合両者は，文字どおり相交錯するのであって，折れ曲って一より他に連なるのではない，ということであり，このことは地形上からも明瞭に認められるものである。

そのような構造を示す好例としては，シナおよび朝鮮方向の構造が相交錯し顕著な擾乱地帯を構成している北朝鮮西部（平安北道）がある。そして，主として地形上の観察結果による判断ではあるが，正にそれに対応する関係は，1：オホーツク海に面するシナ方向のジュグジウル山脈地帯と東西方向のスタノボイ山脈地帯との間，2：スタノボイ山脈地帯とシナ方向のヤブロノイ山脈地帯との間，3：蒙古高原の南東縁をなす大興安嶺地帯と東西方向の陰山山脈地帯との間，などにみることができる。

地溝

大陸地塊には，シナ方向・朝鮮方向または東西方向の多数の地溝があり（Fig. 1），傾動地塊と共に重要な構造要素をなす。その主な例を次にあげよう。

1：バイカル地溝系(Baikal Rift System)
2：アルグン・ダライ地溝系 (Argun-Dalai Rift System)
3：ゼーヤ・ウダ地溝(Zeya-Uda Graben)
4：満州構造盆地 (Manchurian Structure Basin)
5：シラムレン 地溝 (Silamulen Graben)
6：山西地溝系(Shansi Graben System)
7：渤遼地溝 (Po-Liao Graben)
8：端川・吉林地溝 (Tanchŏn-Chilin Graben)
9：鴨緑江地溝 (Amnok-kang Rift System)
10：永同・鎮安地溝系 (Yŏng-dong-Chin'an Graben System, Fig. 7)

以上のうち1，2，6，7，9，はシナ方向，8は朝鮮方向，3，は東西方向をとる。各地溝につい の記載は拙書 (1976) にゆずり，こでは2，3の注意事項を記すに どめる。

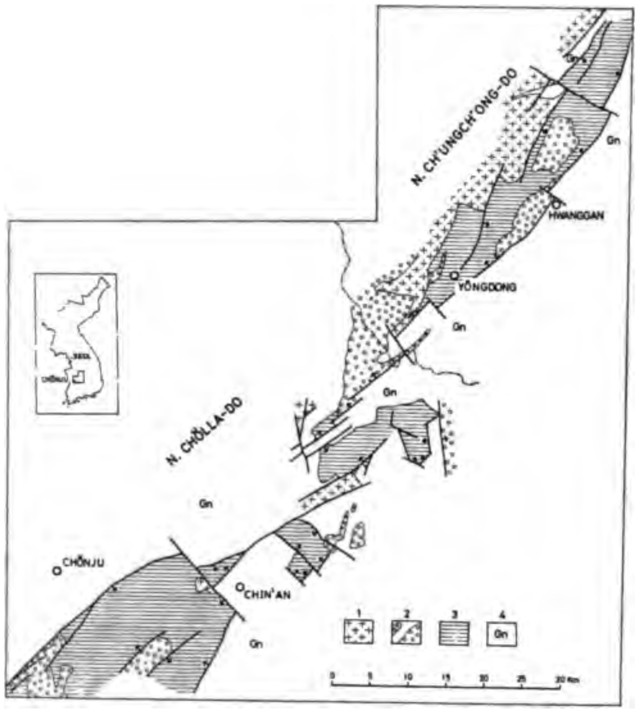


Fig. 7 Tectonics of the Yŏngdong-Chin'an Graben System. 1 : Cretaceous granite (Bukkokuji Series) 2 : Cretaceous rhyolite (Bukkokuji Series) 3 : Cretaceous lake deposits (Shiragi Series), 4 : Pre-Cambrian granite-gneiss and mica-schist. Literatures : SHIMAMURA, 1926, 1927

ゼーヤ・ウダ地溝は恐らく複雑な構造をもつものと推察されるが，詳細不明である。東方ウダ湾でオホツク海に延長している，とみてよい。

シラムレン地溝を構成する構造帯の東方延長が津軽海峡に及んでいることについては，すでに述べた。

渤遼地溝は，南西方北シナの沖積原に延長しているものと推察される。この地溝と満州構造盆地との間，シラムレン地溝によって中断されているが，構造上前者は後者の一部の延長とみても差支えないようある。

端川・吉林地溝についても地溝としての構造に不明な点が多い。しかし地溝であることについては疑い余地がなく，その南西側境界の北西方延長はいわゆる黒遼分水界に該当する。この地溝が日本海に延びいることは明らかであろう。

鴨緑江地溝系の西方延長は渤海々峡を越え山東半島北西側(莱州湾) に延長しているであろう (Fig. 8)，なお永同・鎮安地溝系については，今回新たに編図したので，Fig. 7としてここに掲げる。

最後に，大陸に近接して日本海中に広域を占める日本深海盆，西南日本・大和堆間の大和海盆，琉球弧いの琉球舟状海盆，千島・カムチャッカ弧沿いの千島海盆も，島弧運動に基因する陥落運動に由来するのであり，恐らく白亜紀末一第三紀初めの大変動時階以来，洪積世後期にかけ段階的に達成されたものあろう。

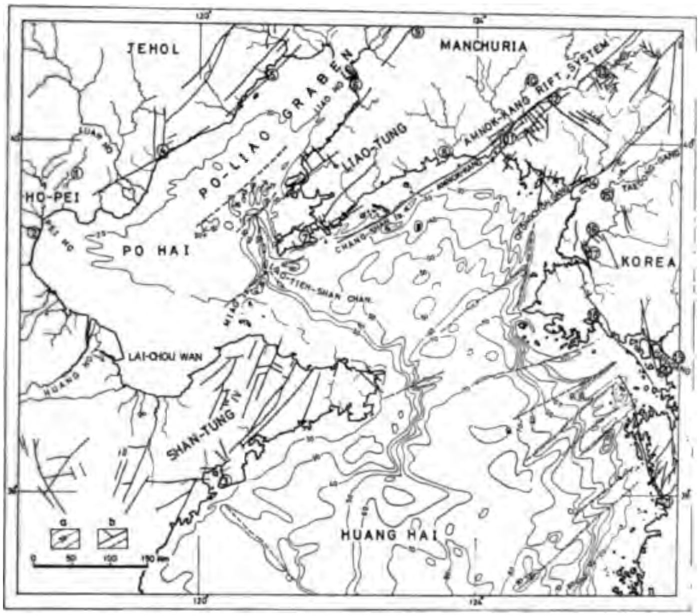


Fig. 8 Bathymetric chart of Huang-Hai (Yellow Sea) and Po-Hai, compiled by I. TATEIWA from the Bathymetric chart, No. 1005, Hydrographic Department, M. S. A. Japan, 1960. a: Depth contours in metres, b: Faults. Literatures: TATEIWA, 1976; Geol. Academy, China, 1976

傾動地塊

大陸地塊の北半部は，シナ方向や朝鮮方向の稜をもつ大小の傾動地塊のモザイクにより構成されている，といっても過言でない。その多くは，傾動地塊としての地形が明らかに保存されており，その生成の若いことを示しているが，しかし，地形的条件に基因して流水による浸蝕が進み，その特異な地形を殆んど失っている例もある。代表的な例を次に列記しよう。

1：アルダン地塊 (Aldan Massif)

2：蒙古地塊 (Mongolian Massif)

3：鮮満地塊 (Koreo-Manchurian Massif)

4：シホテアリン地塊 (Sikhote-Alin Massif)

5：閩浙地塊 (Minche Massif)

6：朝鮮地塊 (Korean Massif)

7：小興安嶺地塊 (Small Khingan Massif)

地塊の生成機構を通覧すると，注目すべき規則性の存在していることに容易に気付く。すなわち，1～5はいずれもシナ方向をとる稜をもつ傾動地塊であるが，この場合は急斜面を例外なく南東方に向けている。一方，朝鮮方向の稜をもつ6，7の場合は，共に，急斜面を北東方に向けているのであるが，このような規則性がどのような運動条件に由来したかについては，これまでに殆んど論及されていない。なお上記7地塊のうち2，3，6，7の4地塊については，傾動が正断層に伴なわれた撓曲運動によることがほぼ明らかであり，他の地塊についても，ほぼ同様なことがいえるのではないかと予想される。

傾動地塊は，既述の前縁造山帯と共に，北西太平洋変動帯の構造発達上特に重要な要素に属するので，大部分は拙著の記述と重複するが，簡単に要点に触れることとする。

1：**アルダン地塊**　オホーツク海に近接して海側に急斜面をもつシナ方向のジュグジウル山脈を稜として北西方に傾斜しており，緩斜面は広大なアルダン高原をなす。南は，急斜面をもってゼーヤ・ウダ地溝に臨むスタノボイ山脈によって限られる。

2：**蒙古地塊**　地形上アルダン地塊と酷似しており，シナ方向の大興安嶺を稜とし，急斜面をもって満州平野に臨む。北西側の緩斜面は広大な蒙古高原をなす。南縁の一部はシラムレン地溝により，西方地区では，南側に急斜面をもつ陰山山脈によって切られている。

3：**鮮満地塊**　北朝鮮の日本海々岸線に近接してシナ方向に走る妙香山脈を稜として北西方に傾き，急斜面をもって日本海に臨む。緩斜面は北西方遠く満州東部山地を形成し，北方延長はアムールの河谷を越えて，シベリア地区内にシナ方向をとるツラナおよびブレインスキーの2山脈をおこす。熱河山地東部や遼

東半島と渤海々峡を隔てて相対する山東半島も，この地塊に属するものと予測される。

一般に流水による浸蝕がすすんでおり，高原性の地形は，稜線をなす妙香山脈から鴨緑江上流地方に至る地区に認められるに過ぎない。高原地帯の中枢部は蓋馬高原の名称によって知られている。上昇準平原と第四紀玄武岩質熔岩によって構成されている典型的な高原である。

4：シホテアリン地塊　シナ方向のシホテアリン山脈を稜として北西方に傾動した地塊であり，急斜面をもって日本海に臨む。日本深海盆の急斜面は，E-W, NE-SW 等の方向をとってこの地塊に近くせまっており，かつてアーノルト（AHNOLT, 1929）が指摘したように，断層に基因するものと思われる。地塊の海岸地帯に新生代の玄武岩その他の火山岩類が広く分布している事実と併せて注目にあたいする。日本深海盆の成因と同時にその海底地質に関し重要な示唆を与えるからである。

5：閩浙地塊　南シナ沿岸の閩浙山地を構成する地塊であり，全域を通じシナ方向の地形界線と地質構造とが卓越する。孫殿卿（孫殿卿，1966）によると，本地塊およびその隣接地帯には，シナ方向の長軸をもつ古第三紀堆積盆地が所々に認められる。

この地塊と台湾との間すなわち台湾海峡には，シナ方向の大規模断層が伏在するものと思われるが，断層の性格は，現段階では全く不明である。

6：朝鮮地塊　朝鮮半島を構成する地塊であり，朝鮮方向の太白山脈を稜とし，日本海側に急斜面を向ける。反対側の緩斜面は，西方黄海の海岸線を越え，黄海の海面下に遠く延びているものと予想される。従って大陸シナ東側の海域は，その大部分が陥落成因による渤海・海没している朝鮮地塊の緩斜面に対応する黄海および琉球弧と成因上の関係をもつ琉球舟状海盆とによって，その主要な部分が構成されていることになろう。なお近年は，九州地方西側の海底地形および地質に関し，地球物理学的・地質学的探査が行なわれており，その結果，古地理上の重要な示唆が与えられている（富田宰臣ほか，1975；永野真男ほか，1976）。

この地塊にはシナ・朝鮮両方向の断層が甚だ多く，両者の交錯によるX字型構造区が至るところに形成されている。これらの断層が火成岩類や石英脈の噴入通路になっていることも前に述べたとおりである。

なお，朝鮮半島・対馬間の朝鮮海峡には，台湾海峡におけると同様にシナ方向の断層が伏在するものと思われるが，その性格を示唆する情報は未だえられていない。

7：小興安嶺地塊　小興安嶺を稜として南西方に傾動した地塊である。北東側は比較的急傾斜をなし，アムール河中流の河谷を隔ててゼーヤ河流域の新生代盆地に臨む。広域が玄武岩質熔岩によって被われており，地質の詳細は不明であるが，その生成は甚だ若いといわれている（牛丸ほか，1937）。なお，シナ方向や朝鮮方向に第四紀小火山丘の配列しているのは顕著な事実である（小倉，1971）。

IV. 渤海および黄海の海底地形について

渤海が遼河下流の沖積原に連なる地溝に属し，鴨緑江地溝が遼東半島の南岸に沿い延長して山東半島北側の莱州湾に延びている疑いが大きく，朝鮮地塊の緩斜面が朝鮮半島の西海岸線を越え，遠く黄海に延びていると推測されることは既述のとおりであるが，さらに詳しく，上記海域の海底地形と地質構造との関連について論議している例はない。

ここに掲げたFig. 8は，水路部海図第1005号「日本海及黄海」第4版，1960に主として基づき，今回仮りに筆者が編図したものである。図示の範囲では，殆んど全域が水深 100m 以下で，かつ起伏量も少ないが，海谷・海嶺・急斜面等が随所にあらわれているのは注目に値いする。陸域の地質構造は主として拙書(立岩，1976）および400万分1中国地質構造体系図（1978）によった。

一見して容易に気付くことは，陸域で認められる多くの構造線の海域に延長していることが示唆されていることである。すなわち，海底地形の起伏状態と陸域における地質構造線との対応関係を検討すると，渤海が地溝であり，その南東部にはシナ方向をとる隆起帯が認められ，これは満州東部山地の延長と思わ

れること，鴨緑江地溝系が前述のように南西方遠く延長していること，渤海々峡を横断する顕著な海谷があり，成因を示唆する資料は現状では得られないが，もし地質構造線に基因するものとすれば，鴨緑江地溝系の構造線により横断され，以南が北東方にずれていると推断されること，朝鮮におけるシナ方向・朝鮮方向・南北方向などの多くの構造線が遠く黄海々域に延びているのは明らかであり，それにより朝鮮地塊の緩斜面が広く黄海東半部に延長していることがいっそう明らかに認められること，などが示唆される。しかし現状では，海底地質に関する情報が何等得られないので，推論をさらに押し進めることは困難である。

V．第四紀地殻変動について

日本では第四紀の地殻変動に関する地質学的ならびに地球物理学的研究が著しく進展し，その結果，こオ陸分布状態にも大きい変化のあったことが明らかにされている。一方，活断層・活褶曲・地震等についての観察結果（松田時彦，1968，1969，ほか）は，過去において褶曲構造を島弧にもたらした造山運動が現在もなお継続されていることを示唆する。特に近年は，東北日本区前縁の運動が比較的著しいように思われるのである。

近年大陸の諸地域においても，第四紀変動に関する研究がもちろん進展しているものと思われるが，筆者は，その成果に接することの甚だ少ないのを遺憾とする。大陸側における第四紀変動に関し，かつて指摘された主な点をあげると次のとおりで，実証不十分としても，注目すべき点は決して少なくない。

1：蒙古地塊の稜，大興安嶺は，第三紀初期または中期におけるシナ方向の軸による撓曲運動に基因するものであるが，この隆起運動は，断層運動に伴なわれて洪積世にまで継続され，洪積世末における著しい隆起運動によって，その形成の歴史を了えた（吉沢ほか，1937；牛丸ほか，1937）。

2：小興安嶺地塊の稜をなす小興安嶺は，洪積世または沖積世初期の隆起運動によるものであり，この隆起は，NW-SE 方向の断層により地塁状に行なわれた形跡がある。隆起前におけるアムール河の大支流ゼーヤ河の盆地は，北満平野に連なっていた（牛丸ほか，1937）。

3：満州中部，長春・公主嶺間の伊爾哈山脈より洮南に及び満州平野を斜断する黒遼分水界は，比較的最新の隆起に基因し，その運動は今日もなお継続されている疑いがある。北満州の大河嫩江は，元来南満州の遼河の上流であったが，この運動により中断されて，現在の如き水系をなすに至った（新帯，1928）。

上記2，3の見解を綜合すると，かつてアムール河中流以上は，ゼーヤ河等の大支流を含めて，嫩江と共に遼河の水系をなしていたことになる。驚くべき大変化といわねばならない。しかも，これを否定するに十分な根拠は現在みあたらないのである。

4：「遼東半島の隆起は近き地質時代において西より東に大きく」，「なお現時隆起の事実は，東海沿岸のみならず渤海湾沿岸にも著しく，蓋平に近き連雲島が今を距る百余年前，一の海島であったことは今古地理述（西暦1807版）の証するところ，しかるに今は明瞭に陸につづき，またその附近の塩田が年一年海中に進んで作らねば海水の流れ込まないようになったことは，清の穆宗の同治元年（1862）以来著しい事実」である（村上鈑蔵・新帯国太郎・草間茂登，1930）。

5：北朝鮮蓋馬高原地帯における第四紀広域隆起は著しく，段階的に 1000m 以上または約 600m の隆起があった（木野崎吉郎，1932；多田文男・井上修次，1935；多田文男，1935）。

6：朝鮮半島の日本海沿岸は洪積世およびその後隆起している疑いがあり，これに対し反対側の黄海沿岸は，所によっては上昇海岸に属する疑いもあるが，むしろ一般には，沈降海岸であることを示唆している。従って，朝鮮地塊の傾動運動は，洪積世およびその後も継続されている疑いがある。

7：日本海深海部の海没は，北朝鮮七宝山地塊の海岸において海側に傾斜している洪積世中期または後期の火山岩累層（立岩，1925）堆積の末期またはその後のことである可能性が大きい。このことは，七宝山地塊および周辺の第四紀岩層が水平状態を保っているのに対し，同地塊東岸における上記火山岩累層

が，例外なく，明瞭に海側に傾斜していること，既述の如き満州北東部の牡丹江構造線の南方延長線が，七宝山地塊東岸に近接して南北方向をとる海底急斜面を通過すると推断されること，などによって示唆される。

七宝山地塊東岸における火山岩累層を構成した熔岩類の噴出の中心が現海域中にあることはほぼ確実であり，シホテアリン地塊の沿岸地帯に広く分布する新生代火山岩類についても殆んど同様なことがいえるであろう。要するに海没前の深海部は，七宝山地塊からシホテアリン地塊に連なる広い陸塊をなしており，かつ，玄武岩を主とする各種火山岩類により広く被われていた可能性が大きい，といわねばならないのである。

大陸地区における上記隆起運動，陥落による日本深海盆の出現，島弧における大八洲変動に基因する地質構造・地形・古地理の変貌・氷河時代末期における大陸・日本列島間の陸の連絡の中断など，新第三紀一洪積世における一連の変動を最後的段階として，日本海や日本列島をはじめとして，北西太平洋変動地帯の諸地区における現在の状態がほぼ達成されたのである。最後に，これまでに述べてきた筆者の見解を綜合し，北朝鮮より日本海を横断し東北日本・日本海溝に至る東西線による模式的地質断面図を Fig. 9 に示す。

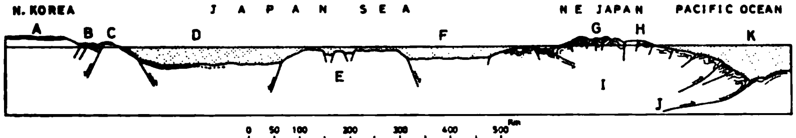


Fig. 9 Schematic section along the latitudinal line from the Kaema Plateau in North Korea to Northeast Japan, through Japan Sea. A: Kaema Plateau, widely covered by horizontal lava flows of the Pleistocene basalt, B: Kilchu-Myŏngch'ŏn Graben, C: Chilbosan Massif, capped by horizontal flows of the Plio-Pleistocene alkaline rocks, D: Japan Trough with Later Pleistocene volcanics, largely basaltic, on the deep sea floor, E: Yamato Bank, F: Yamato Trough, G: Inner zone of Northeast Japan, widely covered by the Neogene beds with "green tuffs", H: Outer zone of Northeast Japan (Kitakami Massif), I: Frontal orogenic belt, J: "Plate" boundary, K: Japan Trench.

VI. あとがき

この小文は，拙書「朝鮮・日本列島地帯地質構造論考」(1976)出版後の新文献を可能な限り参照した上で，同書の最初の補遺としてまとめたものであり，文中，古日本内海(Proto-Japan Inland Sea)，東北日本区 (N. E. Japan Sector) その他の扇状構造区 (Structural sector) を提唱，それらの構造区の連鎖を前縁として，ユーラシア大陸地殻が太平洋地殻に接していると説き，朝鮮における横ずれ断層の意義に論及し，さらに，渤海および黄海の海底地形と近接陸域における地質構造線との間の関連に触れなどしているが，その述べるところは，拙書中で述べていることと基本的には異なっていない。省みて気のつくことは多数あるが，集約すれば，およそ次の5点になろう。

1：今後の考証にまつべき大小多数の問題が未解決のままで残されている。たとえば，奇型的輪郭をもつことから複雑な構造の考えられる北海道だけについていっても，日高・サハリン帯が如何なる変動過程を経て現位置を占めるに至ったか，現在みられる如き複雑な構造は如何に解析されるべきか，日高・サハリン帯における褶曲軸面が傾いているのは千島海盆と緊密な因果関係があるのでないか，あるいは，大陸地盤の西から東への陥入に由来するのではないか，などの疑問があろう。

2：一方，大小の重要問題に触れた新見解も多く，その主な点については本文中でも触れている。しか

しそのうちには，たとえば，大陸・島弧間の成因的相互関係についての諸問題，西南日本弧外帯を構成している褶曲構造体の北方延長の問題，島弧の折れ曲り構造の発達機構，その他諸種の重要課題に関する見解のうちには，今よりおよそ70年以上もさかのぼる日本地質学界黎明期の初期において，ナウマン，小藤文次郎・小川琢治・リヒトホーフェン・原田豊吉などの諸先輩によって指摘されたことと基本的にはほぼ一致するか，ないしは大差のないものが少なくない。

3：構造発達についての論義は，地表で観察された地質学的事実を最重視してすすめられているが，通覧すると，終始ひとつの理念，つまり，「島弧は，その内側からの側圧に，またその褶曲構造はその側圧とそれに対する海洋地殻の抵抗とに基因する」と規定する理念に基づいてすすめられていることがわかる。それはひとつの仮説といってもよい。近年来簡単なモデルによって解説されているプレートテクトニクスの理念を適用するのは，北西太平洋変動帯に関する限り，適当でない。

4：地球物理学的データは，現状では量が不十分であり，また断片的であるが，近年来大構造，特に海域におけるそれの構造発達を解明する上に貴重な資料として役立っているのは確かである。今後，地球物理学的探査が，技術の進歩と共に，ますます広く実施され，試錐探査事業の進展と相俟って，その成果が地質現象の解析にいっそう広く活用されるようになることが切に望まれる。

5：日本・韓国・朝鮮民主々義人民共和国・中国・ソビエト連邦相互間の情報交換が甚だ不十分である。このことが研究の進歩を妨げているのは，ひとり地学だけの問題ではない。

文　献

Андиева, Т. А. ほか(1977)：Магнитное поле прикамчатских акваторий, *Краткие Сообщения*, 120-124.

Ahnert, E. (1929)：Morphologische und geotectonische Skizze des russischen fernen Ostens and Nordmandschuriens, *Proc. Pan-Pacific Sci. Congr. III* (*Tokyo*, 1926) **1**, 491-533.

Алексейчик, С. Н. (1954)：Схема Тектонического Районирования Сахалина

Allen, Clarences R. (1962)：Circum Pacific Faulting in the Philippines-Taiwan Region. *Jour. Geophysical Res.* **67** (12).

新井健司ほか(松本盆地団体研究グループ)(1977)：松本盆地の第四紀地質，地質学論集，No. 14, 93-102.

茅原一也(1976)：北部フォッサマグナ地域の第三系基盤岩について，同上，No. 13, 83-95.

張　文佑(1959)：中国X字型断裂与新構造運動的関係，中国科学院第1次新構造運動座談会発言記録，84-87.

中国地質科学院(1976)：縮尺400万分之1，中華人民共和国構造体系図.

藤田和夫(1962)：Tectonic development of the Median Zone (Setouchi) of southwest Japan, since the Miocene, with special reference of the characteristic structure of Kinki area, *Jour, Geosci, Osaka City Univ.* **6** (4), 103-144.

藤田和夫・奥田　悟(1973)：近畿・四国の中央構造線のネオテクトニクス，中央構造線，97-109，東海大学出版会.

藤田至則(1970)：北西太平洋の島弧周辺における造構運動のタイプとそれらの相関性，島弧と海洋，1-30，東海大学出版会.

藤田至則(1972)：日本列島の成立，築地書館.

Геолекян, А. А, ほか(1976)：Коренные породы дна центральной части Охотского моря, *Советская Геология*, 1976-6, 13-31.

Gnibidenko, H. S., Argentov, V. V. and Potapyev (1977)：Geology and Deep Structure in Primorye (South-Western Sikhote-Alin, USSR), *Pacific Geology*, **12**, 71-98.

星野通平(1970)：第三紀末期の海水準変化と海溝の形成，島弧と海洋，155-177，東海大学出版会.

星野通平(1976)：駿河湾のなぞ，静岡新聞社.

井上宇胤(1971)：Earthquakes in Manchuria, *Geol. Min. Res. Far East*, **3**, 70-84.

石井久夫(1973)：姫川流域の糸静線と石坂流紋岩類，東西総研連絡紙，No. 11, 21-25.

石川政憲(1973)：静岡県高草山地域のアルカリ岩類，地質学論集，No. 13, 367-379.

尹 煜堅(1957)：黄河流域的一些地貌，地質現象和地震的関係，中国科学院第1次新構造運動座談会発言記録，178-181.
飯塚爽平・松田時彦・中村一明(1976)：日本列島の構造と地震・火山，科学，**46**(4)，196-210.
絈野義夫(1972)：On the Origin of Japan Sea Basin, 24th IGC, 1972, Sect. 8, 37-42.
絈野義夫(1976)：石川県地質図，石川県.
絈野義夫(1977)：石川県の環境地質，石川県.
木村政昭(1972)：中部日本のネオテクトニクス，地質調査所月報，**23**(12)，46-47.
木村敏雄(1959)：A sharp bent of the Median Tectonic Line and its relation to Akaishi Tectonic Line—The Tectonic significances yielded by Lateral Faults, *Jap. Jour. Geol. Geogr.* **30**, 215-232.
木村敏雄(1977)：日本列島の構造発達史とプレートテクトニクス説，地質学雑誌，**86**(1)，54-67.
木野崎吉郎(1932)：載徳・新福場・古堡・苎足里図幅，5万分1朝鮮地質図，No. 14.
木野崎吉郎(1937)：朝鮮の第四紀火山について，朝鮮博物学会雑誌，No. 22, 3-8.
KOBAYASHI, T. (1941) : The Sakawa Orogenic Cycle and its Bearing on the Origin of Japanese Islands, *Jour. Fac. Univ. Tokyo*, **5**, 219-548.
KOBAYASHI. T. (1941)：比較構造論より見たる佐川造山輪廻，矢部教授還暦記念祝賀会講演録，31-41.
小坂共栄ほか(北部フォッサマグナ研究グループ)(1976)：北部フォッサマグナ中央部の新第三系の堆積盆，地質学論集，No. 13, 117-131.
小藤文次郎(1892)：On the cause of the Great earthquake in Central Japan, 1891, *Jour. Coll. Sci. Univ. Tokyo*, **5**, 296-353.
小藤文次郎(1903)：An Orographic Sketch of Korea, 同上，**19**, Art. 1, 1-61.
小藤文次郎(1909)：中国筋の地貌式，震災予防調査会報告，No. 63, 1-15.
КРАСНЫЙ, Л. И (1957) : in「Геогическое Сгроение, СССР」 Moscow, 1958, Fig. 22.
KRASSILOV, V. A. (1975) : Paleobotanical Evidence of the Origin of Japan Sea, Pacific Geology, **10**, 43-46.
KRAUSKOPF, K. B., FEITLER, S. AND GRIGGS, A. B. (1939) : Structural Features of a Landslide near Gilroy, California, *Jour. Geol.* V. XLVII, No. Aug-Sept, 630-648.
馬 杏恒(1957)：五台山及中条山区的一些新構造運動現象，中国科学院第一次新構造運動座談会発言記録，88-98.
MARTIN, Rudolf (1972) : Sixty Years of Global Tectonics—Pros and Cons of Some Modern Concepts 24 th IGC, 1972, Section 3, 143-152.
松田時彦(1958)：富士川地域第三系の褶曲形成史，地質学雑誌，**64**(754)，325-345.
松田時彦(1968)：活断層・活しゅう曲，地震予知研究シンポジウム講演集，46-49.
松田時彦(1969)：活断層と大地震，科学，**39**(8)，389-403.
松田時彦(1972)：地質学的にみた地震と断層，土木学会特別講演.
松田時彦(1973)：活断層としての中央構造線，中央構造線，239-251.
松田時彦(1977)：本州弧におけるフォッサマグナ地域の特異性，海洋科学，8, 20-23.
MELANKHOLINA, YE. N. (1975) : Formation Complexes in Sakhalin and Hokkaido, *Geotectonics*, **9**(3), 186-193.
МЕЛАНХОЛИНА, Е. Н. Ковылин. В. М. (1976) : Тектонйческое строение Ялонского моря, *Geotectonics*. **10**(4), 73-77.
湊 正雄(1966)：日本列島の最後の陸橋，地球科学，Nos. 85, 86, 2-11.
湊 正雄(1973)：The Origin of "Deep Sea Basins" in Marginal Seas behind the Island Arcs of the Western Pacific, *Pacific Geology*, **6**, 95-100.
湊 正雄・井尻正二(1958)：日本列島，岩波書店.
MOLNAR, P. AND TAPPONNIER, P. (1975) : Cenozoic Tectonics of Asia : Effects of a Continental Collision, *Science*, **189**(4201), 419-426.
村井 勇・金子史朗(1973)：南関東のネオテクトニクス・ノート，関東大地震50周年論文集，125-145.
村上鈑蔵・新帯国太郎・草間茂登(1930)：満州の自然地理，日本地理大系満州及南洋篇(改造社)，214-240.
NAUMANN, Edmund, (1885) : Über den Bau und Entstehung der japanischen Inseln.
新帯国太郎(1928)：南北満州の山勢と分水嶺について，地理教育，8(4).

新帯国太郎(1930)：満州の地形，日本地理大系別巻，2.
西宮克彦・植田良夫(1976)：山梨県の新第三系について，地質学論集，No. 13, 349-366.
小倉 勉(1969)：Volcanoes in Manchuria, *Geol. Min. Res. Far East*. 2, 373-413.
岡田篤正(1973)：中央構造線の第四紀断層運動について，中央構造線，49-86，東海大学出版会.
PAVLOVSKI, E. V. (1937): Origin of the Baikal Lake Depression, *Abstracts of Papers, In- tern. XVI Geol. Congr. USSR*, 151-152.
PETRUSHEVSKY, B. A. (1964): Problems of geologic history and tectonics of East Asia, Nauka, 1964.
李 四光(1955)：旋捲構造及其他有関中国西北部大地構造体系複合問題，科学出版社.
斎藤林次(1932)：300万分1満州国及接壌地帯地質図，満州国地質調査所報告，No. 100 附録.
沢村武雄(1953)：西南日本外側地震帯の活動と四国およびその付近の地質・地殻変動との関係，高知大学学術研究報告，2(15)，1-46.
沢村武雄(1954)：南海スラストと南海大地震の初動分布について，同上，3(19)，1-6.
島村新兵衛(1926)：全州・鎮安図幅，5万分1朝鮮地質図，No. 5.
島村新兵衛(1927)：青山・永同図幅，同上，No. 7.
島津光夫，ほか3氏(1976)：御坂山地・古関—高萩地域の地質および変成作用，地質学論集，No. 1 313-327.
多田文男(1935)：蓋馬高台の地形，地質学雑誌，42，298-299.
多田文男・井上修次(1935)：咸鏡北道吉州南大川上流地域の地形と人文，朝鮮地質見学案内書，No.
高橋英太郎・山口 定(1940)：20万分1朝鮮地質図，義州図幅.
立岩 巌(1925)：檜洞・明川・七宝山・古站洞図幅，5万分1朝鮮地質図，No. 4.
立岩 巌(1976)：朝鮮—日本列島地帯地質構造論考，東京大学出版会.
田山利三郎(1950)：四国沖の海底地形，特に大陸斜面の形態について，水路部要報，No. 7, 54-71.
丁 文江(1929)：The Orogenic Movements in China, *Bull. Geol. Soc. China*, 8(2).
徳田貞一(1931)：弧状山脈，岩波講座，地理学.
恒石幸正・杉山雄一(1978)：「駿豆断層」の地質学的確認，日本地質学会第85年学術大会講演要旨，38
津屋弘逵(1968)：富士山の地形・地質，富士山総合学術調査報告書，富士急行(株)創立45周年記念出版，1-149.
上田誠也・金森博雄(1978)：海洋プレートの沈み込みと縁海の形成，科学，48(2)，91-102.
牛丸周太郎ほか(1937)：満州北部の地質及び地誌，満鉄地質調査所特別出版.
山田哲雄・藤田至則・武内俊昭(1976)：松本市北方安曇平における地震探査，地質学論集，No. 1 51-60.
山下 昇(1957)：中生代，地学双書，Nos. 10, 11.
吉田 尚(1976)：東北日本と中央構造線，一つの試論，地団研専報，No. 20, 113-116.
吉沢甫ほか(1937)：満州北西部の地質及び地誌，満鉄地質調査所特別出版.

(1978年12月10日受理)

地学雑誌 88, 2 (1979)

武蔵野台地および下町低地の第四系に関する堆積学的研究

——特に地下地質の層厚変化について——

遠 藤 毅*

Sedimentological Studies of the Quaternary System in Tokyo District with Special Reference to the Thickness Changes in Sedimentary Layers during Compaction History

Takeshi ENDO

Abstract

The area of Tokyo Metropolis occupies low hills, plateaus, fluvial and coastal plain which are underlain by thick Quaternary sediments. Tokyo is situated in the west central part of the Kanto Tectonic Basin which has been developed since the Late Neogene, and the greatest thickness of the Japanese Pleistocene sediments was attained in this basin. On the other hand, concentrated disasters by earthquakes and landsubsidence have been caused from thick unconsolidated sediments of the lowland area of Tokyo.

The present results were obtained from subsurface prospecting for the geologic structure and groundwater during the past about 10 years, in which the writer has been engaged. Twenty-two wells were drilled specially for the purpose of this investigation, among which the eight were located on the low plateau, the Musashino Upland, and fourteen on the fluvial and coastal plains, the Shitamachi Lowland. Mechanical and paleontological analyses were made on the drilled cores, and density logging was made at wells for porosities of the layered sediments.

This article dealt with subsurface geology, as to the problem of the basin forming movements. The main results are as follows.

(1) The Quaternary subsurface sediments are divided stratigraphically into two groups, the lower is the Kazusa Group and the upper the Tokyo Group. The Kazusa Group comprises the Kitatama and Higashikurume Formations, in ascending order. The Tokyo Group comprises the Toneri, Edogawa and Takasago Formations, in ascending order. The Kitatama Formation is mainly of massive siltstone, and the Higashikurume Formation of sandstone with siltstone intercalations. The Toneri, Edogawa and Takasago Formations consist of sand-rich alternations of silt and sand layers with gravels.

(2) A gently upheaved zone is recognized from Setagaya Ward to the northern part of Katsushika Ward. On the west of this zone, the strata generally strike E-W

* 東京都土木技術研究所 Tokyo Metropolitan Institute of Civil Engineering

with very low dip to the north, and an undulated structure is found in the Kitatama area. A gentle homoclinal structure is developed on the east of the upheaved zone with general strike of NNW-SSE. The center of the sedimentary basin is considered to be in the northern part of Chiba Prefecture to the studied area.

(3) Evaluation of the initial thickness of these formations was based on the relation between porosity and burial depth. The relation was figured on silt and sand separately from the results of density logging and mechanical analyses of the present material referring to the published ones.

The initial porosity of silt from the surface to 10m in burial depth seems to be 64 percent. The porosity decreases gradually with depth to 41 percent at 1,000m, and 34 percent at 2,000m. The initial porosity of sand from surface to 10m in burial depth seems to be 50 percent, then decreases with depth to 43 percent at 500m and 41 percent at 900m in burial depth.

(4) Decompaction number (D) indicates the ratio of initial thickness of a layer (Te) to thickness at a given burial depth (Tp) as follow.

$$D = \frac{Te}{Tp}$$

The decompaction number is considered to vary with burial depth, particle size of the sediments, and some other factors. The average decompaction number is about 1.53 in the upper part of the Kitatama Formation consisting mainly of siltstone, 1.13 in the Higashikurume Formation of sandstone, 1.13 in the Toneri Formation, 1.08 in the Edogawa Formation and 1.07 in the Takasago Formation.

(5) During deposition of additional layers, the surface of each formations had been sinking according to compaction of the lower formation and the own. At a sedimentation stage, both values of initial thickness and final one and compaction values, are generally larger in the northern part than in the southern part of the area. It is suggested that the compaction values vary with the location in the Kanto Tectonic Basin, and that the post-depositional compaction of the sediments is one of the significant factors of the subsidence of the basin.

I. まえがき

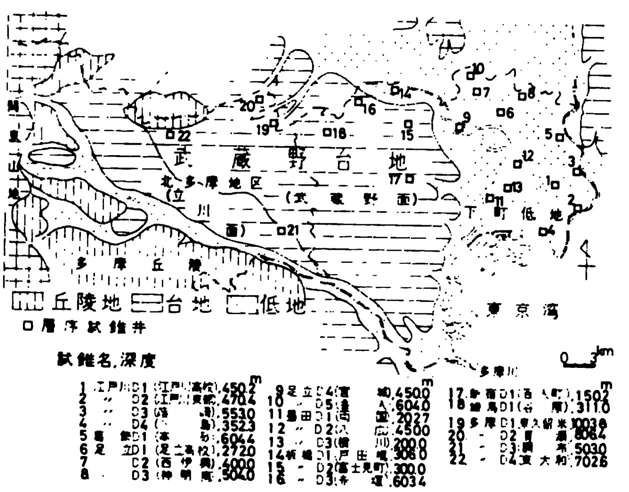
関東平野は，外周を八溝・足尾・筑波・関東・丹沢などの各山地に囲まれ，全体として大きな盆地形を呈している。この盆地形は，矢部 (1925) によって関東構造盆地と名付けられ，矢部・青木 (1927)，青木 (1930)，流木・田山 (1930) などによって，平野内の段丘面が盆地状に変化していることが明らかにされた。一方，平野の地下に厚く分布する新生代の各地層も，地形面にほぼ調和して盆地状構造を呈していることが知られている (大塚, 1936；河井, 1961；垣見ら, 1972)。この地形・地質の盆地状構造をもたらした運動は関東造盆地運動とよばれ，多くは地殻変動の観点から論ぜられている(貝塚, 1957；石井, 1962；成瀬, 1968)。なお，河井 (1961) はこの構造を堆積・沈降のくり返しの産物としてとらえ，また南雲 (1965 a，1965 b) は，春日部市・藤岡市内の層序試錐について地層の圧密を論じているが，全般的に，この構造を堆積学的見地からとらえている報告は極めて少ない。本文は，関東平野西部の武蔵野台地および下町低地の地下に発達する第四系について，その地質構造をもたらした運動を堆積学的観点，特に地層の圧密収縮の面から考察を加えたものである。

研究の遂行にあたり，終始御指導・御教示をいただいた東北大学理学部北村信教授，中川久夫助教授，一雄助教授に厚く御礼申し上げる。また，機会あるごとに御指導いただいた新潟大学理学部青木滋助に厚く御礼申し上げる。本研究の主要資料である地層の孔隙率は，東京都土木技術研究所が実施して層序試錐によるものであることを明記するとともに，この研究と発表の機会をいただいた当研究所倉雄所長，石井求地象部長に厚く御礼申し上げる。

II. 地質概要

京都付近の地形は，先述の盆地形を反映して，ほぼ西部から東部へ山地・丘陵地・台地・低地と次第くなる傾向を示している（第1

これらの諸地形のうち，対象地武蔵野台地・下町低地の地質層序第1表のように表される。第2図それらの成層状態を示した地質断である。



第1図　地形区分と層序試錐の位置

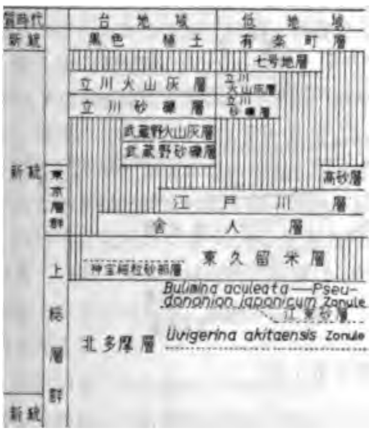
地域の第四系は，主に基底部を形る上総層群とその上位の東京層群構成されている。武蔵野台地では，野砂礫層・立川砂礫層などの段丘層が，これらの地層群を不整合にい地形面にほぼ調和して分布し，にその上位には武蔵野火山灰層・火山灰層などの関東火山灰層が分ている。一方，下町低地では，これ地層群を更新統最上部層の七号地よび完新統の有楽町層などが不整合におおっている。

に，上総・東京の両層群を中心に各地層の概要を述べる。なお，本地域の地質の詳細については，別告しているので参照されたい（遠藤，1978）。

）上総層群（Kazusa Group）

洋性の堆積層で，下位の北多摩層と上位の東久留米層から構成されている。

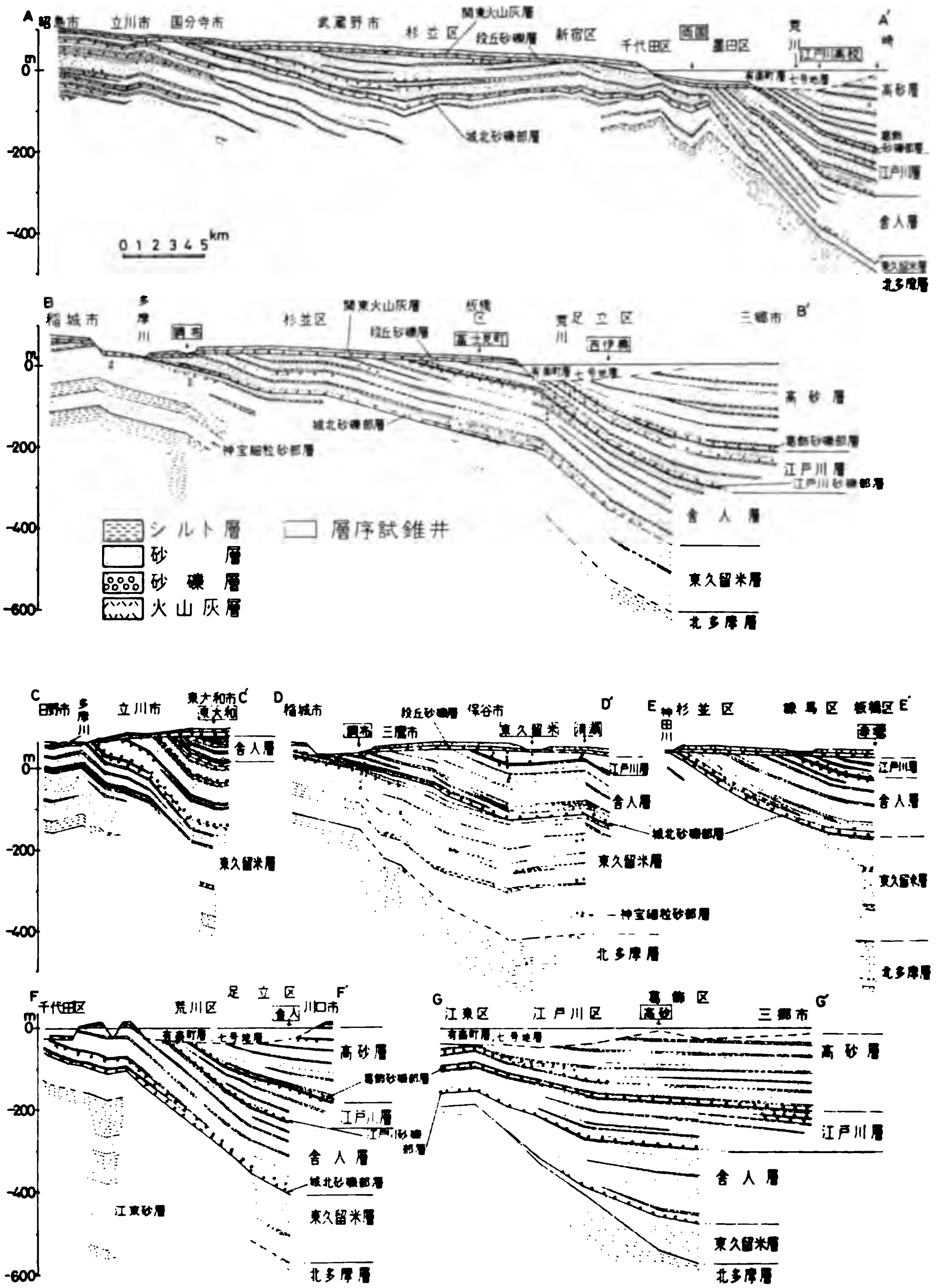
第1表　層序表



1）北多摩層（Kitatama Formation）

固結シルト層を主体とする半深海～深海性の堆積層で，本地域一帯の深部に厚く分布している。基底面の形態については，資料が少ないために不詳である。なお，河井(1961)は，江戸川区内の天然ガス坑井 ER-10 について，本層の深度を約 1,680m としている。

本層の上部には，底棲有孔虫の *Uvigerina akitaensis* ASANO によって特徴づけられる層準(厚さ約 200m)と，その上位に *Bulimina aculeata* d'ORBIGNY および *Pseudononion japonicum* ASANO を多く含む層準（厚さ約 200m）が分布している。そこで，前者を *Uvigerina akitaensis* Zonule，後者を *Bulimina aculeata—Pseudononion japonicum* Zonule として区分した（第3図）。なお，この Zonule は正規の化石層位学的用法に基づくもの



第2図　地質断面図（断面線は第5図）

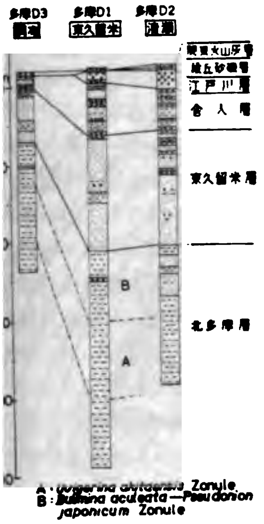
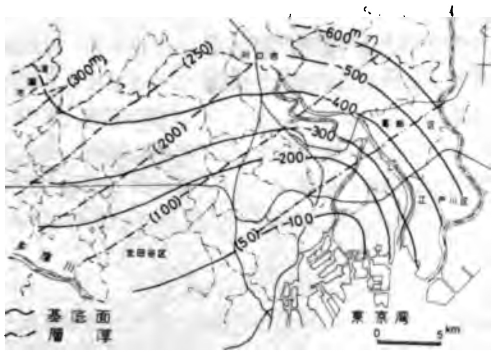


図　主要試錐井における
gerina akitaensis Zonule,
imina aculeata-Pseudono-
: japonicum Zonule の分



第4図　東久留米層基底面の構造と層厚変化（基底面は東京湾中等潮位基準）

ではなく，本研究を進めるうえで便宜的に用いているものである。さらに，低地域一帯の本層には水溶性天然ガス賦存層の江東砂層（石和田，1956）が挾在している。

2)　東久留米層 (Higashikurume Formation)

随所にシルトの薄層を挾むが，全体に砂層の発達が顕著な地層である。なお，武蔵野台地西部の本層最下部には厚さ 50～120m の神宝細粒砂部層が分布している。また，本層の堆積環境は大陸棚中部性である。

図は，本層基底面（＝北多摩層の最上位面）の構造と層厚変化を示したものである。基底面は，世南東部と葛飾区付近を結ぶ地域で緩やかな構造的高まりを呈し，この付近を境にして東西で構造が。西部では走向がほぼ E-W，傾斜が約 1°N であるが，東部では走向がほぼ N10～30°W，傾斜が3°NE である。層厚は，北西部ほど厚く清瀬市付近で約 300m であるが，南東方向へ次第に薄層化低地の江戸川区南部では分布が認められない。

の北多摩層とは漸移関係または指交関係にあるものと考える。しかし，現段階ではそのいずれか明ない。

東京層群 (Tokyo Group)

性環境の堆積層であり，下位から上位へ，舎人層・江戸川層・高砂層の順序に成層している。なおはいずれもシルト層・砂層・砂礫層の互層から形成されている。

舎人層 (Toneri Formation)

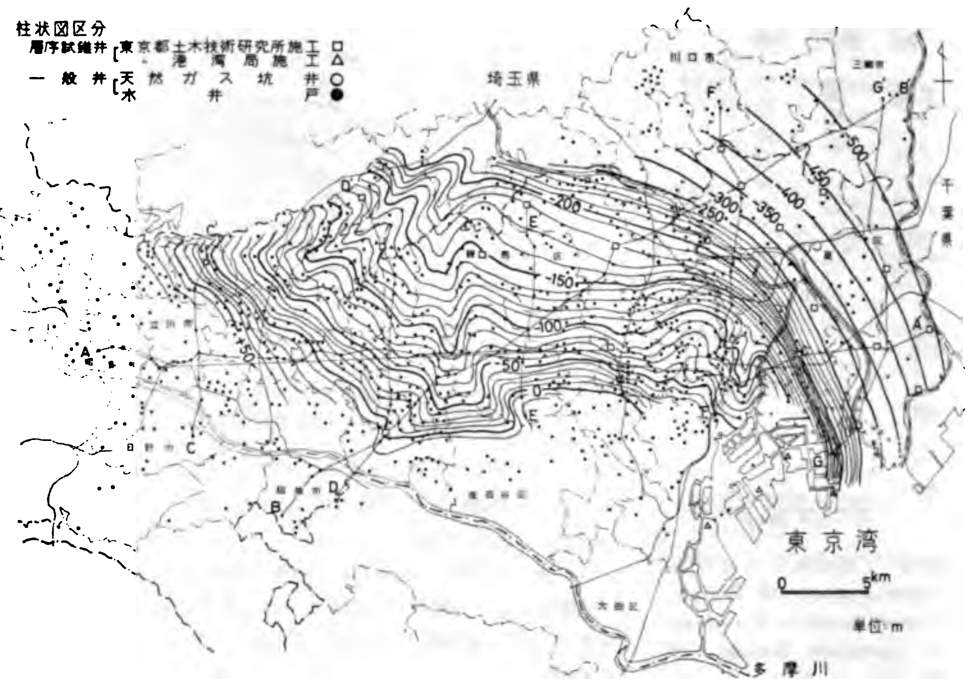
は，北多摩地区西部および南部の多摩川流域を除いて，武蔵野台地・下町低地のほぼ全域に分布し。層厚は０～200m で，北～北東方向へと次第に厚くなっている。

図は，本層の基底部に広く分布する城北砂礫部層（厚さ約 10m）基底面の構造を示したものである。区と埼玉県三郷市付近を結ぶ地域に緩やかな構造的高まりがあり，この付近を境に東西の構造が異西部では走向がほぼ E-W，傾斜が約１°N であるが，最西部の北多摩地区では著しい波状構造を呈る。一方，東部では走向がほぼ N20°W，傾斜が約 2.5°NE となっている。

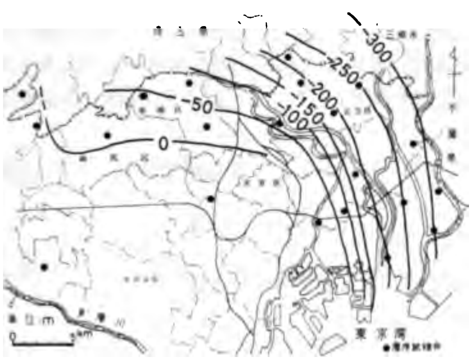
層との層位関係は，南部では不整合であるが，北部では整合である。なお，南部における不整合はと考える。

江戸川層 (Edogawa Formation)

の分布は，下町低地が中心であり，台地域ではわずかに北東縁の練馬区，板橋区などに認められる



第5図　城北砂礫部層基底面の構造（A-A′ 等の線は第2図の地質断面線）



第6図　江戸川砂礫部層基底面の構造（東京湾中等潮位基準）



第7図　葛飾砂礫部層基底面の構造（東京湾中等潮位基準）

のみである。層厚は0～110m で，北～北東方向へと次第に厚くなっている。

第6図は，本層の基底部に広く分布する江戸川砂礫部層（厚さ約9m）基底面の構造を示したものである。下位の舎人層同様に，文京区と三郷市付近を結ぶ地域に，南西―北東方向を軸とし北東傾斜の緩やかな構造的高まりがある。この構造の西部では走向がほぼ N70°W，傾斜が約1°N であるが，東部では走向がほぼN10～20°W，傾斜が約2°NE となっている。なお，本層と下位の舎人層との層位関係は整合である。

3) 高砂層 (Takasago Formation)

本層の分布は，下町低地の東部および北東部の地域に限定されている。層厚は0～190m で，北～北東

方向へと厚くなっている。

第7図は，本層の基底部に分布する葛飾砂礫部層（厚さ約7m）基底面の構造を示したものである。荒川区と三郷市付近を結ぶ地域に緩やかな構造的高まりがあり，この構造の西部では走向がほぼN70°W，傾斜が約1°Nであるが，南東部では走向がN10°W，傾斜が約1°Nとなっている。また，基底面の傾斜は，西部から東〜北東部へと次第に緩くなっており，西部の隅田川沿い付近では約1.5°であるが，東部の江戸川区および北東部の三郷市付近では約0.8°となっている。さらに，地層の傾斜は，下位から上位へと次第に緩くなる傾向を示し，最上部付近では約0.2°となっている（前出の第2図参照)。なお，下位の江戸川層とは整合関係にある。

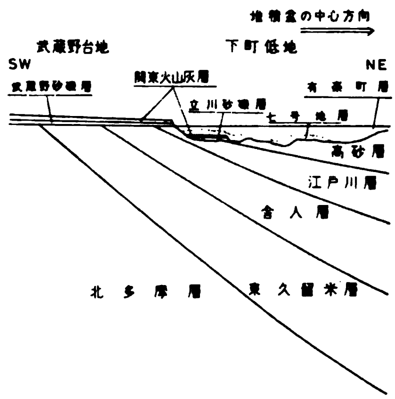
(3) 段丘砂礫層および関東火山灰層

本地域に発達する更新統は，主に上総層群と東京層群である。武蔵野台地では，これらの地層群を武蔵野砂礫層（Musashino Sand and Gravel Formation）・立川砂礫層（Tachikawa Sand and Gravel Formation）などの段丘砂礫層が不整合におおっている。なお，その分布は，立川砂礫層が台地南部の立川面であり，武蔵野砂礫層はほぼ武蔵野面一帯である。層厚は，立川砂礫層が約3m，武蔵野砂礫層が約10mである。これらの砂礫層の上位には，立川面では厚さ約3mの立川火山灰層（Tachikawa Volcanic Ash Formation），武蔵野面では厚さ約10mの武蔵野火山灰層（Musashino Volcanic Ash Formation）とその上位に立川火山灰層が，それぞれ分布している。なお，下町低地南部にも立川砂礫層および立川火山灰層の分布が知られている（青木ほか，1971）。

(4) 七号地層(Nanagochi Formation）および有楽町層（Yurakucho Formation)

下町低地の表層部を形成する堆積層であり，下位の東京層群を不整合におおって分布している。

青木ら（1971）によると，七号地層は低地域南部の地下30〜50m付近に分布するシルト層・砂層の互層で，本地域に分布する更新統の最上部層である。一方，有楽町層は，下町低地一帯の表層に分布する完新統で，下部のシルト層（厚さ約35m）と上部の砂層（厚さ約5m）から構成されている。有楽町層と下位層との層位関係は，七号地層が欠如する低地北部の足立区付近では高砂層を不整合におおっているが，南部の江東地区・江戸川区付近では，七号地層を不整合におおって分布している。



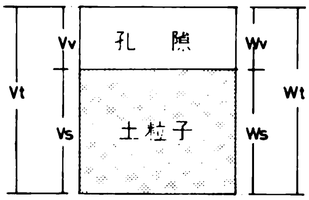
第8図　模式断面図

以上が本地域に分布する第四系の概要である。これらの各地層のうち，本研究の対象である上総・東京両層群における地質構造の要約は，次のとおりである。

各地層は，北部〜北東方向へと傾斜する同斜構造を呈している。一方，基底面の傾斜は，東久留米層が1〜3°，舎人層が1〜2.5°，江戸川層が1〜2°，高砂層が約1°であり，さらに高砂層の最上部付近では約0.2°となり，下位から上位へと次第に緩くなる傾向にある。以上のような地層の傾斜傾向によって，層厚は第8図に模式化したように，南〜南西部の地域から北〜北東部の地域へと次第に厚くなっている。このような構造は，堆積盆の中心部が本地域北東方向の埼玉県東部〜千葉県北部方面にあることを示すものである。すなわち，本地域の地下に発達する更新統は，すでに多くの研究が明らかにしている"関東構造盆地の沈降帯状部(石井，1962)"へと傾斜している。そこで以下に，このような地質構造をもたらした堆積過程について考察を加える。

III. 堆積初期の層厚の復元

堆積盆内の地層群は，一般に上載層の累積に伴なって自然圧密する。圧密の度合は，堆積層の粒度組成によって異なり，粘土層・シルト層など粒径の細かい地層ほど圧密をうけやすい。また，圧密の度合は，孔隙率・密度・grain proportion（ROBERTSON, 1966）などが用いられるが，本文では孔隙率を使用している。



第9図　土の成分のモデル

(1) 初期層厚の算出方法

土は第9図に示すように，土粒子部分(Vs)と孔隙部分（Vv）から構成されており，地層の圧密は孔隙部分の減少によって生ずる。地層をシリンダーとみなすと，全体の厚さ(T)は，土粒子の占める厚さ(Ts)と孔隙部分の占める厚さ(Tv)によって構成される。したがって，土粒子部分の厚さは次のように表される。

$$Ts = T\ (1-n) \quad \cdots\cdots (1)$$

ただし，n は孔隙率（$n = Tv/T$）である。

孔隙部分に鉱物変形などが生じないかぎり，圧密が進行しているあいだ，土粒子の占める厚さは一定している。したがって，堆積初期の地層の厚さおよびその孔隙率をそれぞれ Te・ne，現在の地層の厚さおよびその孔隙率をそれぞれ Tp・np とすると，それぞれの関係は（1）式から次のように表される。

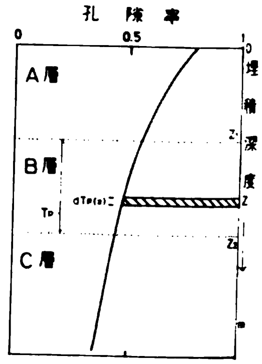
$$Te(1-ne) = Tp(1-np) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\frac{Te}{Tp} = \frac{(1-np)}{(1-ne)} = D \quad \cdots\cdots (3)$$

D は Decompaction number とよばれており（ROBERTSON, 1966），本文では圧密比数と訳している。なお，本文が用いている堆積初期の地層の厚さ（以下，初期層厚と表す）とは，孔隙率が堆積初期の状態にある地層の厚さを意味している。

このように初期層厚(Te)は，現在の地層の厚さ(Tp)に圧密比数(D)を乗ずることによって復元することができる。一方，圧密比数は現在の地層の孔隙率と，その地層とほぼ同一の粒度組成で，かつ上位に新たな堆積層のない地層（例えば，現世の水中堆積層など）の孔隙率を用いることによって求めることができる。次に，本研究における初期層厚の算出方法について述べる。

まず，都内各地において施工した層序試錐のシルト層および砂層の孔隙率を，それぞれ深さ方向にプロットして，深さと孔隙率の関係を示す標準曲線を作成した。次いで，この標準曲線を深さ方向にいくつかのスライスに分割して各スライスごとの平均圧密比数を求めている。ある地層の初期層厚は，この平均圧密比数を用いて次のように求めることができる。



第10図　深さ Zm における微小層厚のモデル(Tp：B層の現在の層厚，Z_1・Z_2：B層上下面の深度，d Tp(z)：B 層の深さ Zm における微小層厚)

第10図のB層において，ある深さ Zm における微小スライスの厚さを dTp(z)m とすると，その初期層厚 dTe(z) m は（3）式から，

$$dTe(z) = D(z) \cdot dTp(z) \quad \cdots\cdots (4)$$

と表される。ただし，D(z) は深さ Zm における平均圧密比数である。本研究では，スライス中央深度の圧密比数を平均圧密比数としている（例えば，深さ 50～60m のスライスでは，深さ 55m の圧

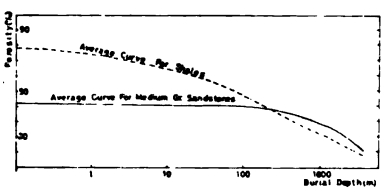
が平均圧密比数である)。したがって，ある地層全体の初期層厚は（4）式から，

$$= \int_{z_1}^{z_2} D(z) \cdot d\ Tp(z) \quad \cdots\cdots (5)$$

れる。なお z_1, z_2 は地層上下面の深度位置である。

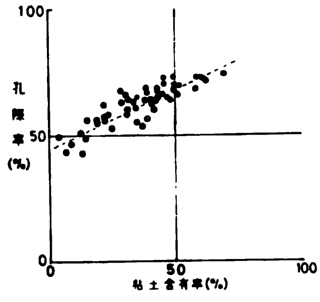
孔隙率・深さの関係を示す標準曲線について

増加に伴なう孔隙率の減少については，古くから HEDBERG (1926, 1936), ATHY (1930) をはじくの研究者によって論ぜられており，特に MEAD (1966) はこの問題を物理・化学の両面から総合討を加えている。また最近，宮崎 (1965), BALDWIN (1971), PERRIER ら (PERRIER and ER, 1974), HAMILTON (1976) などが，堆積岩の圧密を定量的に取扱っており，特に PERRIER 4)は，それまでに報告されている世界各地の孔隙率・深係を示す曲線とみずからが北海で施工した油井資料を用粘土層および砂層の孔隙率・深さの標準曲線を作成して第11図)。

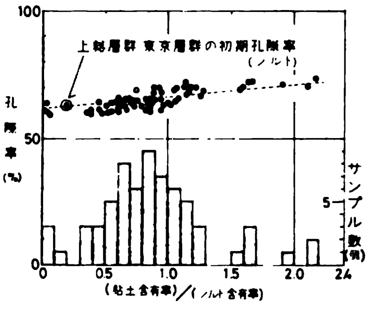


第11図　孔隙率・深さの標準曲線
(PERRIER ら(1974)による)

，本地域に分布するシルト層および砂層について，孔隙さの関係を考察する。桑原 (1966) は，名古屋地方の完ついて，シルト層の間隙比が粘土含有量に比例している報告しているが，本地域においても完新統である有楽町ルト層の孔隙率は，粘土含有率に比例している(第12図)。したがって，深度増加に伴なう孔隙率変討に際しては，あらかじめその地層の粘土含有量または粘土含有率を求めておく必要がある。第13有楽町層のシルト層について(粘土含有率)／(シルト含有率)と孔隙率の関係を示したものである。よると，(粘土含有率)／(シルト含有率) は0.2〜1.2に集中しており，その平均孔隙率は約70%で

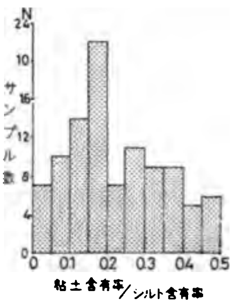


第12図　有楽町層のシルト層における粘土含有率と孔隙率の関係

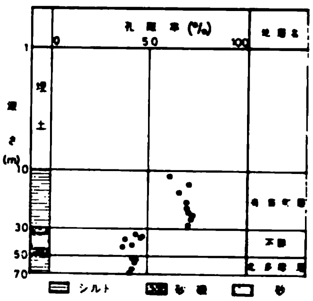


第13図　有楽町層のシルト層における粘土含有率(粒径 1/256mm 以下の粒子の重量パーセント)とシルト含有率（粒径 1/256〜1/16mmの粒子の重量パーセント）の比と孔隙率の関係およびサンプルの頻度
(試料は都土木技術研究所，都港湾局，首都整備局などが施工した8井の試錐のものである)

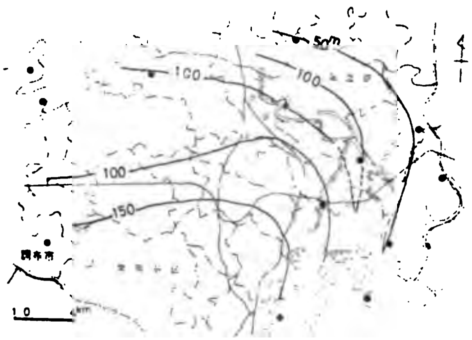
一方，上総・東京両層群におけるその比率は，第示すように 0.15〜0.2 に集中している。これは，東京両層群のシルト層に含まれる粘土分が，有楽シルト層に含まれる粘土分より少ないことを示すある。したがって，これら両層群におけるシルト期孔隙率は，現在の有楽町層の孔隙率よりも小さく，先出した第13図から埋積深度 20m 付近で約推算される。なお，埋積深度を 20m としたのは，第13図の作成に用いた試料の大半が深さ 20m ものであることによる。



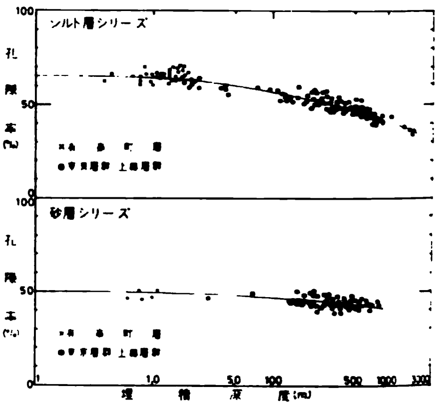
第14図　上総層群・東京層群のシルト層における粘土含有率とシルト含有率の比率



第15図　孔隙率と深さの関係（大井埠頭）



第16図　上総層群および東京層群の被削剝層厚図



第17図　上総層群および東京層群における堆積深度と孔隙率の関係

一般的に，標準となる孔隙率・深さの関係を示す曲線は，大きな地殻変動や海面変動などのない安定した堆積盆において求められるべきである。しかし，先述したように上総・東京両層群は，台地域では段丘砂礫層，低地域では七号地層・有楽町層などとそれぞれ不整合の関係にあり，これら上位層の堆積前に一部の層準が削剝をうけている。第15図は，このような不整合現象に伴なう孔隙率の不連続状態を，下町低地南部の大井埠頭の試錐について例証したものである。この図によると，シルト層の孔隙率は深さ 10~30m に分布する有楽町層では約70%であるが，深さ 50m 以深に分布する北多摩層では約 40%となり，わずか 20m の深度増加にもかかわらず30%も減少している。この現象は，北多摩層の上部が削剝されていることを示すものである。したがって，本地域の孔隙率・深さの標準曲線作成に際しては，段丘砂礫層，七号地層および有楽町層などが堆積する以前の上総・東京両層群の成層状態を復元し，その被削剝層厚を推測する必要がある。第16図は，このような観点から，各地層の地質構造のうち，特に地層の傾斜をもとに推定した上総層群および東京層群の被削剝層厚図である。その厚さは，南西部の多摩川沿いで最も厚く 150m 以上であるが，堆積盆の中心がある北東方向へと次第に減少している。

第17図は，以上に検討した初期孔隙率と，被削剝層厚図から各層序試錐のシルト層・砂層の孔隙率を深度補正して求めた，上総・東京両層群における孔隙率・深さの関係を示す標準曲線である。シルト層の初期孔隙率は，先述したように有楽町層の孔隙率より小さく，深さ 0 ~10m で約64%，同 20m で約63%，

同100m で約55%, 同 1,000m で約41%となっている。一方, 砂層の孔隙率は, 初期孔隙率が約50%, 深さ500m で約43%, 同 900m で約41%となっている。なお, このような標準曲線は, 本来, 均一層相が累積する堆積盆において求められるべきであり, 本地域のようにシルト層・砂層・砂礫層の互層地域では複雑な曲線を描くことが推察されるが, 本文では互層による複雑性は検討していない。

(3) 初期層厚の復元について

各地層の初期層厚は, 先出の（5）式から求めることができる。そのためには, あらかじめ第17図の標準曲線を深さ方向にスライス分割し, （3）式を用いてシルト層・砂層の両シリーズについて, スライスごとの平均圧密比数 D(z) を求めておく必要がある。

スライスの幅を細分するほど求める初期層厚（Te）の誤差は小さくなるが, 本研究のスライス間隔は, シルト層は, 深さ0～500m までを 10m, 同 500～600m を 50m, 同 600～2,000 m を 100 m としている。一方, 砂層はシルト層に比べて深度増加に伴なう減少度合が小さいため, シルト層より間隔を大きくし, 深さ0～10m, 同 10～50m, 同 50～100m, 次いで深さ 100～500m を 200m ごと, 同 500～1,000m ごとに分割している。平均圧密比数（Dz）は（3）式を用いて, これら各スライスの平均孔隙率（np）と初期孔隙率 (ne)から求めることができる。なお, その際のシルト層・砂層の各初期孔隙率は, それぞれ0.64および0.50である。このようにして求めた平均圧密比数の一部は次のとおりである。シルト層シリーズでは, 深さ 40～50m で1.11, 同 100～110m で1.19, 同 240～250m で1.33, 同 500～550m で1.48, 同 1,000～1,100m で1.64であり, 砂層シリーズでは, 深さ 50～100m で1.03, 同 300～500m で1.10である。なお, 砂礫層は一般的に圧密しないものとされているので, その圧密比数は埋積深度に関係なく 1.0 としている。

各地層の初期層厚（Te）は, 被削剥層厚図から深度補正した層序試錐の柱状図を, 先述したシルト層・砂層両シリーズの標準スライスと同間隔に細分し, シルト・砂・砂礫の各層ごとのスライス（dTp(z)）と, それぞれに対応する平均圧密比数（Dz）との積の総和である（（5）式による）。

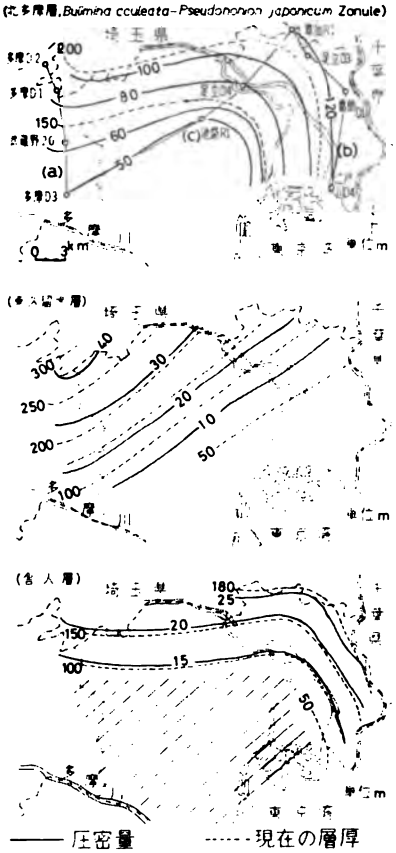
第2表は, このようにして求めた主要層序試錐における各地層厚の初期層厚および現在の層厚の一覧である。地層全体の平均圧密比数は, シルト層を主体とする北多摩層では, *Uvigerina akitaensis* Zonule が約1.53, *Bulimina aculeata—Pseudononion japonicum* Zonule が約1.47, 砂層を主体とする東久留米層では1.13である。さらにシルト層・砂層・砂礫層の互層である東京層群では, 試錐位置によって分布深度が異なり, また層相変化が著しいために地層ごとの値は一定しないが, 大略, 舎人層が1.13, 江戸川層が1.08, 高砂層が1.07と, 下位から上位へ値が次第に減少している。

第2表　主要試錐における各地層の初期層厚と現在の層厚

	試錐名	層序区分	東京層群 高砂層	東京層群 江戸川層	東京層群 舎人層	上総層群 東久留米層	上総層群 北多摩層 A	上総層群 北多摩層 B
台地域	多摩D1（東久留米）	初期の層厚	—	21	155	334	272	315
		現在の層厚	—	21	140	294	180	200
		圧密比数		1.00	1.11	1.14	1.51	1.58
	多摩D3（調布）	初期の層厚	—	—	30	160	168	215
		現在の層厚	—	—	27	140	118	140
		圧密比数	—	—	1.11	1.14	1.42	1.54
	板橋D3（赤塚）	初期の層厚	—	51	198	301	210	
		現在の層厚	—	50	180	263	139	
		圧密比数		1.02	1.10	1.14	1.51	
低地域	足立D4（宮城）	初期の層厚	—	37	179	159	117	—
		現在の層厚	—	37	161	145	80	—
		圧密比数		1.00	1.11	1.10	1.46	
	足立D5（舎人）	初期の層厚	116	93	211	203	37	—
		現在の層厚	109	80	182	179	24	—
		圧密比数	1.06	1.16	1.16	1.13	1.54	
	江戸川D3（篠崎）	初期の層厚	205	117	212	30	40	—
		現在の層厚	198	104	190	26	27	—
		圧密比数	1.04	1.13	1.12	1.15	1.48	
	葛飾D1（高砂）	初期の層厚	180	115	213	98	75	
		現在の層厚	168	102	184	86	50	
		圧密比数	1.07	1.13	1.16	1.14	1.50	
	草加 1	初期の層厚	176	114	195	180	340	—
		現在の層厚	162	100	170	160	220	—
		圧密比数	1.09	1.14	1.15	1.13	1.55	—

A : *Bulimina aculeata Pseudononion japonicum* Zonule
B : *Uvigerina akitaensis* Zonule
初期・現在の層厚の単位 m

第18図は, 各地層の圧密量（初期層厚と現在の層厚との差）を示したものである。シルト層を主体とする北多摩層上部の *Bulimina aculeata-Pseudononion japonicum* Zonule の圧密量は, 南西部の多摩川沿いから北～北東方向へと次第に増加し, 北東部の埼玉県境および東部の千葉県境付近では 120m 以上に達している。同様の圧密傾向は, 舎人層についても認められるが, 同層は砂層を主体としており, また上位に堆積している江戸川層および高砂層の厚さが0～250m と薄いため, 全般的に圧密量が少なく, 千葉県



第18図　各地層の等圧密量線図
((a), (b), (c) は第19図の断面線。なお，武蔵野20は武蔵野市水源井，池袋 R1 および草加 R1 は天然ガス坑井の柱状図である)

境付近で約 25m である。一方，東久留米層は分布の中心が北西地域のため，圧密量もその方向へと増加している。しかし，大半が砂層から構成されているために，圧密量は少ない。さらに第19図は，初期層厚と現在の層厚の関係を断面図に表したものである。各断面のうち，(a)・(c)は，堆積盆周縁の調布市と堆積盆の中心方向とを結んだ図であるが，初期層厚・現在の層厚・圧密量は，いずれも堆積盆の中心方向へと増加する傾向を示している。

IV.　地層面の沈降現象および地層の堆積速度

(1) 地層面の沈降現象について

先述したように，本地域に分布する上総・東京両層群における各地層の圧密量は，堆積盆周縁部の南西部から堆積盆中心部の北～北東方向へと次第に増加している。また，圧密度合を示す圧密比数は，上位層に比べて下位層が大きい。これらの現象は，本地域における地下地質の構造が，圧密現象と密接な関係にあることを示すものである。そこで，シルト層を主体とする北多摩層を中心に，圧密による地層面の沈降現象について考察する。

第20図は，シルト層における堆積初期の層厚と圧密後の層厚との関係を示したものである。この図を用いることにより，次に示すように，堆積ステージの変化に伴なうシルト層の層厚変化，すなわち地層面の沈降状態を推測することができる。

ある堆積盆において，例えば，はじめに初期層厚 215m のシルト層（A層とする）が堆積し，次いで初期層厚 135 m のシルト層が堆積した場合（B層とする），A・B 両層の圧密終了後の厚さは，次のようにして，この図からそれぞれ 167m および 119m と求めることができる。A・B 層における初期層厚の和は 350m であるから，両層の圧密後の厚さは 286m となる。一方，B層の圧密後の厚さは 119m と読取ることができる。したがって，A層の厚さは，A・B 両層の厚さとB層との差 167m となる。

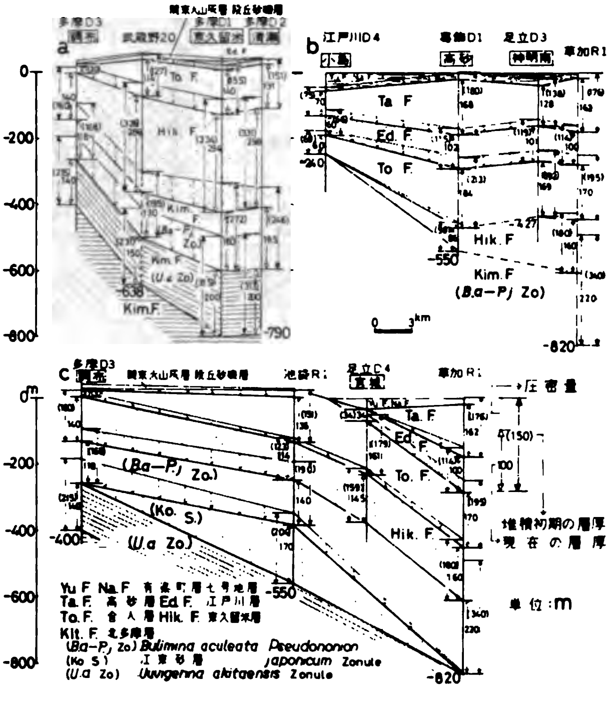
第21図は，この図を用いて武蔵野台地中央部のほぼ南北断面について，北多摩層上部における地層面の変動状態を検討したものである。各地層は上載層の累積に伴なって圧密し，その結果，下位層およびその地層自体の圧密によって地層表面が沈降を継続している。また各地層の初期層厚・堆積末期の厚さは，いずれも堆積盆の周縁地域に近い南部に比べて，堆積盆の中心方向である北部で大きく，一方，不動面と仮定した北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule の基底は，南部から北部へと傾斜している。その結果，累積する地層面の傾斜は，*Uvigerina akitaensis* Zonule 基底面に調和しながら，上位層へと次第に緩くなる傾向を示す。

以上のような各地層の堆積過程は，関東平野の地下に厚く分布する新生代各層の盆地状構造形成の過程を示唆しているものと考える。なお，第22図は，先述の各堆積期における層厚変化の過程を，特に多摩D 3（調布）の試錐について表したものである。

(2) 堆積速度について

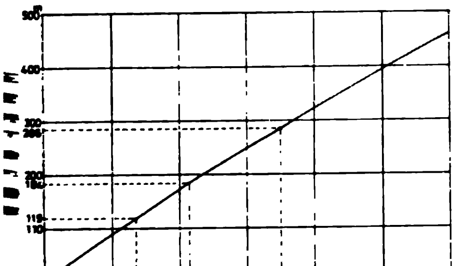
地層の堆積速度の検討に際しては，各地層が堆積した地質年代をあらかじめ設定する必要がある。しかし，本地域の上総・東京両層群については，地質年代に関する資料が皆無である。そこで，本文では次に述べるように，周辺地域に関する報告を参考にした。

尾田 (1975)，新妻 (1976) は，房総半島の新第三系および更新統の古地磁気層位に関する研究のなかで，松山逆磁極期のハラミロ亜期 (0.92～0.87m.y.) を大田代層と梅ヶ瀬層の境界付近に対比し，またブリューン正磁極期の始期 (0.69m.y.) を国本層中部付近に対比している。したがって，梅ヶ瀬層中部付近の地質年代は約80万年と推測される。一方，北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule 基底付近は梅ヶ瀬層に対比されることから（遠藤，1978)，この層準付近の地質年代はほぼ80万年となる。



第19図　堆積初期の層厚と現在の層厚との関係

次に下総層群下部付近の地質年代について考察する。杉原ら (1978) は，下総層群下部の地蔵堂層に含まれる火山灰層の地質年代を，フィッション・トラック法から約40万年としている。一方，下総層群の基底はほぼ東京層群基底に対比されるものと考える（遠藤，1978)。したがって，東京層群最下部層である舎人層基底部の地質年代は40万年をわずかに超えている。しかし，本研究では舎人層基底部の地質年代を40万年として，堆積速度の算出を試みた。



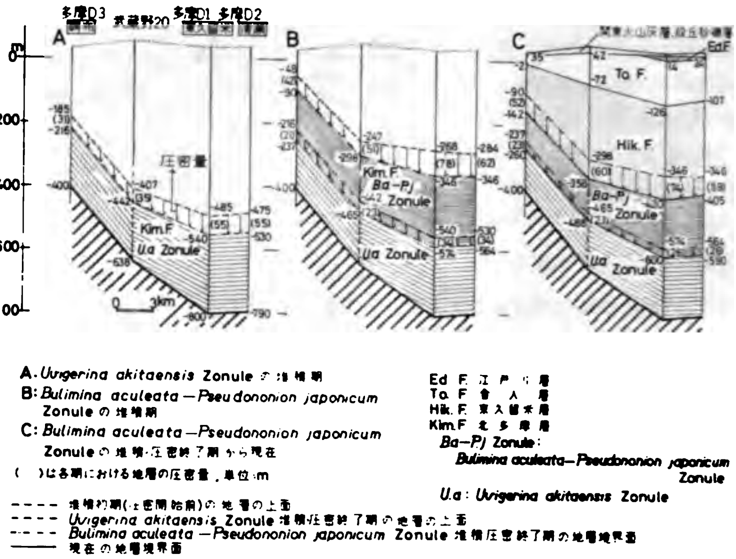
第20図　初期層厚と圧密後の層厚との関係
（シルト層・シリーズ）

第3表は，以上の地質年代を前提にして求めた堆積速度の一覧である。舎人層基底より上位層の堆積速度は，多摩 D.1（東久留米）の0.36+m/10³ 年を除くと，1.13+～1.68m/10³ 年である。なお，多摩 D.1（東久留米）における堆積速度が 0.36+m/10³ 年と小さいのは，上位層が削剥をうけているためである。一方，北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule～舎人層基底までの堆積速度は，2.30m/10³ 年となっている。

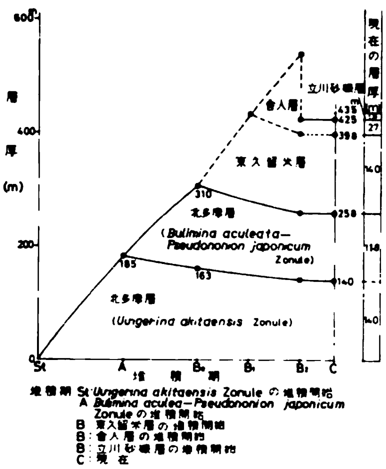
これらの資料を総合すると，本地域に分布する更新統の堆積速度は 1 ～ 2 m/10³年と推測される。

(3) 地層の盆地状構造に関する2・3の考察

東京都付近の地下に発達する更新統は，先述したように上載層の累積に伴なって圧密をうけている。その



第21図　北多摩層上部層における地層境界面の沈降現象
(*Uvigerina akitaensis* Zonule 基底を不動面と仮定している。断面線は第18図の(a))



第22図　多摩 D.3 (調布) における堆積期の変化に伴なう地層の層厚変化 (注：ステージ間の時間は無視している)

圧密量は，例えば北多摩地区の東久留米市付近において，北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule 基底より上位の層準で約260m に達しており，このような地層の圧密が，地層面の沈降現象をひき起こす主因となっている。先述の第21図においては，北多摩層上部に分布する *Uvigerina akitaensis* Zonule 基底を不動面と仮定して，地層面の沈降を検討しているが，関東平野中央部における先第三系の基盤岩の分布は地下約 3,000 m にあり，その上位にはシルト層を主体とする新生代層の発達が知られている (福田，1962；福田ら，1974)。特に福田 (1962) によると，平野中央部の層序試錐 (春日部 GS-1) では，基盤岩の位置は地下 3,072 m にあり，その上位にはシルト層を主体とする地層群が発達しており，上総層群の基底深度は 1,041 m となっている。一方，これらの地層の孔隙率は，深さ1,000～1,500m が約36.3％，同 1,500～2,000m が約36.0％，同 2,000～2,500m が約30.7%，同 2,500～2,900m が約27.2% である。このような深度増加に伴なう孔隙率の減少傾向は，上載層の累積による地層の自然圧密の現象を示すものである。したがって，第21図において不動と仮定した北多摩層上部の *Uvigerina akitaensis* Zonule の基底面は，下位に発達する地層群の圧密によって相当量沈降していることが推測される。そこで，先述の春日部 GS-1 の資料を用いて，同試錐の深さ 1,000 m 以深に分布する地層群の自然圧密量を試算した。

深さ 1,000～1,500m，同 1,500～2,000m，同 2,000～2,500m および 2,500～2,900m に分布する各地層を，それぞれA・B・C・D層とすると，各地層の圧密比数は(3)式から，それぞれ 1.77・1.78・1.93・

第３表　地層の堆積速度

	試錐名	層準	A 期間 ×10⁴Year	B 初期の層厚 m	C 現在の層厚 m	D (B-C) 圧密量 m	E (B/C) 圧密比数	F (B/A) 堆積速度 m/10³Year
台地域	多摩D1 (東久留米)	北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule 基底より上位層	80	1,097+	835+	262+	1.31	1.37+
		北多摩層の *Bolivina aculeata*—*Pseudononion japonicum* Zonule 基底より上位層	—	782+	635+	147+	1.23	—
		舎人層基底より上位層	40	176+	162+	18+	1.09	0.44+
		北多摩層の *Uvigerina akitaensis* Zonule 基底～舎人層基底まで	40	921	674	247	1.37	2.30
低地域	足立D5 (舎人)	東久留米層基底より上位層	—	623+	550+	73+	1.13	—
		舎人層基底より上位層	40	420+	371+	49+	1.13	1.05+
	江戸川D3 (篠崎)	舎人層基底より上位層	40	534+	492+	42+	1.09	1.34+
	草加R1	北多摩層の *Bolivina aculeata*—*Pseudononion japonicum* Zonule 基底より上位層	—	1,005	812	193	1.24	—
		舎人層基底より上位層	40	485	432	53	1.12	1.21

B·Cには，段丘砂礫層·関東火山灰層·七号地層·有楽町層の層厚は含まれていない.

2.02となる。また，圧密比数に現在の層厚 (Tp) を乗ずることによって求められる堆積初期の層厚 (Te) は，それぞれ 885m・890m・965m・808m である。したがって，初期層厚の総和は 3,548m となり，圧密量は 1,648m に達する。この圧密量は，スライスの幅が大きいこと，また挟在する砂層を無視していることなどから，極めてマクロ的な数値であるが，堆積盆地内における地層面の沈降要因として地層の自然圧密量の占める割合が極めて大きいことを示している。

以上の検討結果は，関東平野の地下に分布する新生代各層の盆地状構造が，先第三系の基盤岩が沈降する地殻変動のみによってもたらされたものではなく，基盤岩の上位に堆積する地層群自体の圧密による沈降の影響もうけていることを示したものである。すなわち，地層堆積前の基盤形態が盆状を呈しているならば，その後の堆積層は，一般的に堆積盆の周縁部では圧密量の少ない砂層・砂礫層が堆積し，中心部では圧密量の大きい粘土質層が厚く堆積する。その結果，堆積盆中央部における地層表面の沈降量は，常に周縁部よりも大きく，さらにその上位に堆積する地層も同様の形態を継続する。そのため，堆積盆内に堆積する地層群は，常に中央部を中心とする盆地状構造を呈するとともに，その中央部は，地殻変動などによる基盤面または地層の変形，堆積物供給地域における変化など外的要因に変化がない限り，盆地状構造の中心部を維持する。

V.　要約とあとがき

1)　武蔵野台地および下町低地の地下に分布する更新統は，大きく下位の上総層群と上位の東京層群に区分される。さらに上総層群は，下位のシルト層を主体とする北多摩層と上位の砂層を主体とする東久留米層に区分され，また東京層群は，下位から上位へ舎人層・江戸川層・高砂層の３層に区分される。なお東京層群は，シルト層・砂層・砂礫層の互層から形成されている。

2)　上総・東京両層群の各地層は，北～北東方向へ傾斜する同斜構造を呈するとともに，その傾斜は，東久留米層基底部では２～３°であるが，上位層へと次第に緩くなり，高砂層最上部では約0.2°となっている。その結果，各地層の層厚は西～南西の地域から北～北東の地域へと厚さを増している。すなわち，本地域の地下に発達する地層群は，関東構造盆地の中心部がある埼玉県東部～千葉県側へと傾斜している。

3)　地層の孔隙率は，深度の増加に伴なって減少しており，シルト層の孔隙率は深さ 100m 付近で約57%のものが，同 500m 付近では約47%，同 1,000m 付近では約41%となっている。一方，砂層はシルト層に比べて減少の度合が小さく，深さ 100m 付近で約47%，同 500m 付近で約43%，同 900m 付近で約41%である。なお，本地域に分布する上総・東京両層群の初期孔隙率（埋積深度０～10m の孔隙率）は，シルト層が約64%，砂層が約50%と推察する。

4)　このような深度増加に伴なう孔隙率の減少傾向は，上載層の累積によって各地層が圧密収縮したこ

とを示すものである。その圧密傾向は，シルト層を主体とする北多摩層上部の *Bulimina aculeata—Pseudononion japonicum* Zonule では，圧密量は南西部の多摩川沿いから北～北東方向へと次第に増加し，北東部の埼玉県境および東部の千葉県境付近で 120m に達している。同様の傾向は舎人層にも認められるが，砂層を主体としているため全般的に圧密量が少なく，北東部～東部の県境で約 25m である。一方，東久留米層では，分布の中心が北西部のため，圧密量はその方向へ増加している。しかし，各地層の圧密量は，全般的に堆積盆の周縁である南西部から堆積盆の中心がある北～北東方向へと増加している。

なお，各地層の圧密比数（堆積初期の層厚と現在の層厚との比）の平均は，北多摩層上部が約1.53，東久留米層・舎人層が約1.13，江戸川層が約1.08，高砂層が約1.07と，下位から上位へと値が減少している。

5）各地層の表面は，上載層の累積に伴なう下位層の圧密およびその地層自体の圧密によって，沈降現象を継続した。一方，累積する各地層の初期層厚および終期の層厚は，常に堆積盆の周縁部に近い南西地域に比べて堆積盆の中心方向である北～北東部の地域で厚い。その結果，累積する地層面の傾斜は，堆積盆の中心部へ向かうとともに，下位から上位へと次第に緩くなる傾向を示す。このような堆積過程は，関東平野の地下に厚く分布する新生代各層の盆地状構造形成の過程を示唆しているものと考える。

関東平野における地下地質の盆地状構造は，すでに多くの人の知るところであるが，その形成過程を堆積学的見地から定量的に取扱っている報告は皆無である。本文は，盆地状構造西翼の武蔵野台地および下町低地の地下地質構造を，深度の増加に伴なう孔隙率の減少傾向に注目して，地層の自然圧密の面から検討を加えたものである。その結果，この構造の形成過程を堆積学的立場から説明することができた。したがって，このような堆積学的手法により関東平野全域の盆地状構造を検討することは，関東地域において近年問題となっている広域的地下水理・深層部における地震波の挙動・第四紀地殻変動などの諸問題を解決するうえで，極めて有意義なことと考える。

しかし，堆積盆中央部付近の厚い堆積層は多大な荷重となり，継続して基盤岩の変形（＝沈降）を促進したものと推察され，また，平野表層に認められる段丘の分布形態は，海水準の変化を考慮せずに説明することは困難である。したがって，関東平野の地形・地質に関する今後の研究は，地殻変動，海水準の変化などの諸現象および本文において検討した堆積学的方法などを含めて，総合的に検討されるべきであると考える。

文　献

ATHY, L. F. (1930) : Density, porosity, and compaction of sedimentary rocks. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **14**, 1-24.

青木廉二郎(1930)：関東地方に於ける「造盆地運動」永続の可能性に就て(摘要)，地質雑，**37**，255-258.

青木廉二郎・田山利三郎(1930)：関東構造盆地特に其の西辺部の地形及び地質に就て，斉藤報恩会学術報告，No. 8，1-13.

青木　滋・中山俊雄・遠藤　毅・清水恵助(1971)：東京都23区内の地下地質と地盤の区分について，都土木技研年報，昭45，51-62.

BALDWIN, B. (1971) : Ways of deciphering compacted sediments. *Jour. Sed. Petrology*. **41**, 293-301.

遠藤　毅(1978)：東京都付近の地下に分布する第四系の層序の地質構造，地質雑，**84**，505-520.

福田　理(1962)：春日部層序試錐(予報)--坑井地質を中心として—，地質ニュース，No. 100，1-16.

福田　理・小林戈智・氏部田喜代治(1964)：関東平野における層序試錐，石油技協誌，**29**，112-129.

HAMILTON, E. L. (1976) : Variation of density and porosity with depth in deep-sea sediments. *Jour. Sed. Petrology*. **46**, 280-300.

HEDBERG, H. D. (1926) : "The effect of gravitational compaction on the structure of sedimentary rocks." *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **10**, 1035-1073.

HEDBERG, H. D. (1936) : Gravitational compaction of clay and shales. *Am. Jour of Science*, **31**, 241-287.

石井裕基(1962)：関東平野の基盤，石油技協誌，**27**，615-640.

石和田靖章(1956)：東京のガス田，石油技協誌，**21**，132-142.
貝塚爽平(1957)：武蔵野台地の地形変位とその関東造盆地運動における意義，第四紀研究，**1**，22-30.
垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭(1972)：後期新生代地質構造図，東京，地質調査所.
河井興三(1961)：南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究，石油技協誌，**26**，212-266.
桑原　徹(1966)：沖積層の土質工学的性質とその意義，第四紀研究，**5**，121-138.
MEAD, R. H. (1966) : Factors influencing the early stages of the compaction of clay and sands—review. *Jour. Sed. Petrology*, **36**, 1085-1101.
宮崎　浩(1965)：秋田油田地域における泥質岩の圧密について，地質雑，**71**，401-412.
NAGUMO, S. (1965a) : Compaction of sedimentary rocks—a consideration by the theory of porous media. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 339-348.
NAGUMO, S. (1965b): An estimation of tectonic stress from compaction of sedimentary rock strata. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 565-576.
成瀬　洋 (1968)：関東地方における第四紀地殻変動，地質学論集，No. 2，29-32.
新妻信明(1976)：房総半島における古地磁気層位学，地質雑，**82**，163-181.
OTUKA, Y. (1936) : Marine lower Pleistocene of the central Kwanto Plain (An evidence of basin forming force of the Kwanto Plain). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **17**, 75-82.
尾田太良(1975)：浮遊性有孔虫化石からみた房総半島上部新生界の古地磁気記録の時代的解釈，地質雑，**81**，645-647.
PERRIER, R., and J. QUBLIER (1974) : Thickness changes in sedimentary layers during compaction history: Methods for quantitative evaluation. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* **58**, 507-520.
ROBERTSON, E. C. (1966) : Compaction test on aragonitic sediments. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **50**, 633.
杉原重夫・新井房夫・町田　洋(1978)：房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロノロジー，地質雑，**84**，583-600.
YABE, H. (1925) : The great Kwanto Earthquake of September 1, 1923, geologically considered, the second preliminary report. Saito Hoonkai Rep. work, No. 2, 33-44.
矢部長克・青木廉二郎(1927)：関東構造盆地周縁山地に沿える段丘の地質年代，地理評，**3**，79-87.

(1979年1月8日受理)

地学雑誌 88, 2 (1979)

土井正民の我国の19世紀地学史研究とその古今東西

小 林 貞 一

Masatami DOI's Study on the Geology of Japan in the 19th Century and the History around Japan and before and after the Age

Teiichi KOBAYASHI

明治維新(1868)の前後に跨がる19世紀は日本史上でも一大転換期であるが，日本地学史に取ってはまさに最大の変革期であった。土井正民著「わが国の19世紀における近代地学思想の伝播とその萌芽」広島大学地学研究報告　第21号，170頁，3折込み図表，昭和53年8月発行はこの変革期の地学史に対する貴重な研究である。この論文は4章からなり，第1章は18世紀までの地学思想，第2章は19世紀前半の，そして第3，4章は同世紀後半に於ける地学思想の受容であって，第3章は幕末，第4章は維新後である。

第1章では東洋古来の大地の概念・朱子学の影響・江戸時代の本草学・物産学などに就いて述べ，平賀源内・司馬江漢らが登場する。第2章では既にシーボルトが来日し，帆足万里・宇田川榕庵・箕作省吾・佐久間象山らが活躍した時代が取扱われている。

第3章は8節からなり，そのうちに M. C. PERRY と地質調査・W. P. BLAKE と R. PUMPELLY の来日・蕃書調査所から開成所へ・箕作阮甫らのオランダ地学書の翻訳・鉱山の近代化に Francisque COIGNET らの招致などが説かれている。

第4章は本論文の3分の2を占めている主要部分で，小幡篤次郎の博物新論（明治2年）中の地質論に続く文部省の地学書刊行・漢訳地学書の影響・ライマンらの北海道開拓調査・工部省の鉱山地質と工部大学校・東京大学創設および地質調査機関と学社の出現等に関する9節からなっている。

末尾には天保年間から昭和51年までの150の文献が年代順に列挙されているが，何れも国内出版物である。そのうちには容易に見られないものが多く，原典から要所が転載されている。それのみならずパンペリーの蝦夷地質略図（1863）を初め種々の古典的図表が挿入されていて，西欧では19世紀前半に地質系統が樹立されているのに反して日本ではまだ層序表には水成論者の区分名が記されていた。本著によってこの時代の地学史について学ぶところは甚大である。

本著の対象とするこの時代に先き立つ天文一寛政間の地学史に対しては後閑文之助：近世に於ける西洋鉱物学地質学の日本に及ぼした影響　其の1　東京科学博物館研究報告 No. 1，53－104頁，1937があり，鉄砲伝来（1543）の15世紀から17世紀までの学史が取扱われている。また幕末から明治時代に対しては，今井功：黎明期の日本地質学　193頁　ラテイス社，1966中にコアニエ・ライマン・和田維四郎・ナウマン・原田豊吉・巨智部忠承・小藤文次郎ら7先輩の生涯と業績が描かれている。上野益三：お雇い外国人③　自然科学　258＋14頁　鹿島研究所出版会，1968中の8人のお雇い外国人中にはナウマンの他に地質の John MILNE，重力や気象の Thomas Corwin MENDENHALL，大森貝塚で周知の Edward Sylvester MORSE らのお雇教師の功績とお雇い科学者の活動舞台が描写されている。

更に新しい時代の学史としては日本科学史学会：日本科学技術史大系　第14巻　地球宇宙科学　661頁，1965中に幕末から戦後までの広い意

味での日本の地学と地学界が取扱われているが，その総説と幕末史はそのうちの10分の1にみたない。この大著の末尾の参考文献目録9頁を見るとこれも亦国内出版物のみである。既に本誌85号，1976の日本地学史文献集にもあるように，この他にも貴重な著作が多々あるが，そのうちでも　望月勝海：日本地学史　184頁　平凡社，1948は昭和前半までの通史としての好著である。

これらの著書を通じて日本地学史を見る時土井氏の労作はその最大変革期を些細に考証して一段と解明した極めて貴重な研究であると思う。それと同時に本著のみならず他のものを見てもその参考文献の殆んど全部が日本版のもので，欧文のものが極めて少ないのに反して本誌87巻の大正元年までの日本地学欧文文献集に明らかなように，鎖国時代にも可なりの数の文献があり，文献数で見ると明治14年(1881)を頂点としてその前後5年乃至10年間がそのうちの最高潮で，全体として尨大な数に達している。従って内外文献を併せ参照した表裏一体の学史が今後に期待される。また，大正の初めには既に本協会の中南支の地学調査があり，後に南北支那地質図や東亜地質図等が出版され，戦後には東亜地質鉱産誌編輯委員会が昭和25—40年間に大陸に残した業績を蒐集整理して文化遺産として残した。また最近では邦人がアジア・太平洋地域のみならずラテンアメリカ・アフリカ・南極など広く世界各地に地学的貢献をしている。このような海外への文化的寄与こそ日本地学史中に看却してはならない分野であろう。

最後に今井功・片田正人共著の地球科学の歩み　206＋13頁　共立出版（53年12月）は広い意味の欧米地学通史としての好著で，東洋史との関係事項が年表中に若干組み込まれている。地学の世界史・東洋史・日本史，そしてまた，日本・アジア・太平洋・地球と内包・外延関係の一貫した地学史が今後の重要課題である。

追記—石山洋(1978)箕作阮甫の地理学　186—262頁　蘭学資料研究会「箕作阮甫の研究」中に地質学鉱物学の一章があって密涅刺羅義・日阿羅義名目・地殼図説・地質弁証の四書についての解説が載っている。

(1978年12月6日受理)

書評と紹介

M. LEMOINE: Geological Atlas of Alpine Europe and adjoining Alpine Areas (アルプス地質図版集), 1978, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam. 584頁, 図表数100葉

本書はフランス，グルノーブル大学のルモーネが編集したイベリアからスイス・ユーゴスラビアを経てコーカサスに及ぶ所謂アルプス造山帯の地質図版集である。著者はルモーネを含む15人の地質学者であるが，大部分はフランス人である。著者の構成からみれば本書は仏語圏からみたアルプス地質誌とも受け取れるが，文章はすべて英語である。

本書は14章より成る。第1章は総説であり，第2章から第14章までが各論で次のように主として地域別の構成となっている。

第2章　南ヨーロッパおよび地中海地域
第3章　地中海
第4章　イベリア半島
第5章　ピレネーおよびプロバンス
第6章　西部地中海地域
第7章　チレニア海沿岸地域
地8章　モラッセ地域とユラ山地
第9章　カルパチア・パノニア盆地
第10章　Moesic 台地
第11章　バルカン地域
第12章　ディナール山脈およびギリシャ
第13章　小アジア地域
第14章　コーカサス・クリミア・黒海・カスピ海地域

各章の構成は地質構造図，模式構造断面図，標準柱状図などを主体とした豊富な図版を主とし，これに説明，文献が加えられる。第1章では総説として HUTTON(1795)から始まって，DE SASSURE (1803)，STUDEN (1851)，HEIM (1878)，STILLE (1924) などの著名な，歴史的な構造断面図や構造図が年代順に掲げられ，アルプス構造の解釈がどのように発展してきたかがそのまま理解できるようになっている。

周知のようにアルプスは構造地質学発祥の地であり，横臥褶曲と衝上断層の組合せによって山脈が形成されるアルプス型造山運動のモデル地である。19世紀から20世紀初頭にかけてアルプスで見出された地殻運動に基く造山輪廻の考えは汎世界的規模で適用されるとされるようになり，当時の地球観にも大きな影響を与えた。

今日ではプレート・テクトニクス説の発展により，古典的造山論は大きな変更を迫られているが，プレート・テクトニクスの仮説が如何に有力となってもアルプス型構造の現象としての事実は消滅することはないので，古典的造山像を包含した新しい地殻構造論の展開が待たれる所である。

編著のルモーネはグルノーブル大学の地質学教授であり，自身，アルプス東部の地向斜を研究している地質屋であるが，彼の“まえがき”によれば本書は厳密に言えば地質書ではなくイラスト・ブックである。各章とも実数の大部分は図版であり，そのなかには未発表のものもかなり含まれている。

たとえば第2章をみると，編著のルモーネ自身が本章の執筆者である。ジブラルタル海峡から黒海に至る地域，地中海周縁の地域について，今迄明らかにされた構造図，ブーゲー異常図，震源分布図，地震発震機構，古地理図層序対比図など58図が45頁に渡って掲載されており，その中にはプレート・テクトニクス説に基く古アルプス帯のアフリカに対する移動方向，移動速度などを図解した図がいくつか転載されている。構造地質学者にとって興味をそそられるであろう一つは ABBATE et al. (1970) から転載した造山帯図で SUESS (1886) 以来 CAIRE (1965) まで，11人の研究者によって発表された11通りの異なった造山帯分布図がそのうちの1頁に収録されていることである。この様な図は，専門の研究者にとって便利であろう。これに対して本文はわずかに3頁に過ぎない。このほかに文献が43提示されている。

このようにイラストに主眼を置いているために本書の紙型は非常に大型（A4 ないしB4版）となっており，各図版は大きなスペースを取って見やすくなっている。印刷も極めて鮮明である。第2章の例で言えば 60×40cm^2 の大きな図が折込みとして掲載されている。

末尾の文献は数は必ずしも多くないが，一応歴

著名で重要な論文は網羅されており，文献
こも利用できよう。

プス型地質構造は半世紀以前に考えられて
うに，世界のすべての造山帯地質構造をそ
示すものではないことは今日徐々に理解さ
あるが，なお，地質学の重要なホーム・グ
ドであることは疑うことはできない。

章から最後の第14章まで，第２章のようた
あるが，第２章と同じような形式で要領よ
うられており，東ヨーロッパの地質の大要
る上で都合がよいし，またこの地方の地方
の索引書としても使いよい，便利な書であ

一つ難を言えば，ドイツ語地域の記載がや
された傾向が窺えることである。そのため
とえばスイス・アルプス東部やオーストリ
ル地方など，ある意味でアルプス構造の
とされている地域がほとんど触れられてい

（星野一男）

-, R. M.，ウォーカー，J.C.G. 著，安田敏
順吉訳　大気科学入門，158頁，1978年，

は小冊子ではあるが，地球と他の惑星の大
とを試みながら，演繹的手法で大気の性質
を与える物理的過程，化学的過程について
た魅力的な入門書である。

の考え方は，大気の振舞いのすべてのすが
ける基礎は，大気の成分，大気の質量，
表面の性質，惑星の自転速度，太陽から
の距離が分れば原理的には得られるということに
ある。

第１章　太陽と惑星　では大気の成分，質量，
惑星と太陽についての諸データが与えられる。他
章と比べて本章のみが記述的である。

第２章　太陽放射と化学変化　では太陽放射を
吸収した大気に生ずる化学変化，電離圏オゾン生
成がのべられる。

第３章　大気の温度　においては，各惑星大気
の比較が試みられ，温室効果，対流圏の考察がそ
れぞれ金星と火星に及んでいる。

第４章　全地球規模の風系　では地球大気の大
循環とその構成循環細胞，プラネタリ波の説明の
外に金星と火星大気の循環にもふれている。

第５章　凝結と雲　はいわゆる雲物理の要領の
よい解説であり，他惑星における凝結現象につい
ての考察もなされる。

第６章　大気の進化　においては，大気の歴史
について理解することが，大気の仕組みの理解に
欠かせないという著者の考えに基づき，CO_2 の
サイクル，金星の CO_2，暴走温室効果，大気中の
ガスの宇宙空間への飛散，生命と大気中の酸素な
どを扱っている。

本書は表題から想像するのとは違い，気象学入
門ではなく，比較惑星大気学入門とでもいうべき
内容をもっている。この本の中で展開されている
基礎理論と基本事項は，著者もその序文でのべて
いるように，大気汚染，人工降雨，気候制御その
他天気現象の研究へ進むための基礎として有意義
なものといえる。　　　　　（前島郁雄）

協会記事

理事会(53年度第7回，昭和54年2月6日)

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，佐藤，式，前島各理事

議　事：

1. 昭和54年1月27日～30日の持回り理事会の地学会館2階の一部設計変更と内装仕上げについての審議結果を確認した。
2. 下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。
   入会：川辺鉄哉，佐藤壮郎，徳永重光
   退会：大野　譲，石田竜次郎(逝去)，神山貞二(逝去)，中本　明(逝去)。
3. 常置委員会規程ならびにそれに関する細則の改正案を審議し，次回の評議員会にはかることとした。
4. 給与退職金支給規則案を原則として承認した。
5. 昭和54年度予算案について審議した。
6. 会館建築に関する件
   (1) 前回理事会以後の経過報告を諒承した。
   (2) 予算案の組み替えを承認した。
   (3) 新築披露の実施について審議した。
   (4) 入口扉に記入する室名は，1階：「事務室」，2階「役員室」，「講堂」，「会議室」，「書庫」と決定した。
   (5) 講堂のカーテンは，暗幕織り込みのものとすることにした。
   (6) 書庫の書架の不足分を注文することにした。
   (7) 長期融資に関連して審議した。

定款検討小委員会(昭和54年2月16日)

出席者：坪井会長，渡辺委員長，岩生，川上，斉藤，佐藤，湊の各委員。

議　事：

1. 改訂草案の逐条審議が行なわれた。

地殻開発小委員会(昭和54年2月16日)

出席者：末野将来検討委員会委員長，佐藤委員長，岩生，川上，虎岩，西川の各委員。

議　事：

1. 「地殻開発と人間生活に関する講演会」(仮称）の開催について検討した。
2. 講演内容については
   (a) 地殻開発と利用―資源エネルギーと地[illegible]利用
   (b) 地殻と自然災害
   (c) 地殻と人間生活（環境保全，地域開発[illegible]
   (d) 地殻調査研究の動向
   とし，講演依頼者について検討した。
3. 講演会は百周年記念事業の一つとして採[illegible]し，また特集号として発行できればとの[illegible]見が出た。

理事会(53年度第8回，昭和54年2月24日)

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，佐藤，式各理事。

議　事：

1. 新設の常置委員会の委員として，次の会員に内諾を求めることにした。
   会員委員会：池辺　穣，岩生周一，小関幸治，坂倉勝彦，佐藤光之助，西川治，前島郁雄，以上7名。
   図書委員会：岩生周一，河野義礼，木村達明，佐藤光之助，戸谷　洋，浜田隆士，平山　健，前島郁雄，以上8名。
   会館委員会：石和田靖章，梅沢邦臣，片山信夫，川上喜代四，木村達明，坂倉勝彦，佐藤　恭，式　正英，平山　健，山内　肇，以上10名。
2. 前川嘱託の任期について，4月1日から明年3月31日までの1年間さらに委嘱することにした。
3. 会館建築に関する件
   (1) 前回理事会以後の経過を諒承した。
   (2) 長期借入金の返済計画について審議した
   (3) 新地学会館の什器，備品の購入について審議した。
4. 本年秋予定のノルデンショルド氏北極洋北東航路完遂百年祭行事に協力するよう，スウェーデン大使館から正式申し入れがあれば，会場として新地学会館講堂を提供する形で協力することにした。

将来検討委員会(昭和54年3月2日)

出席者：坪井会長，末野委員長，伊藤，岩生，尾

崎，片山，川上，坂倉，佐藤，西川，平山，保柳，森本，渡辺光の各委員。

事：

. 佐藤委員より「地殻開発と人間生活に関する講演会」(仮称) について報告があった。

. 講演会は百周年記念事業の一つとし，講演内容からみて２日間にわたって行なったらとの意見が出た。本件については百周年記念事業実行委員会で検討してもらうこととした。

. 東京地学協会の性格，役員の職務，権限等について意見が交わされた。

検討小委員会(昭和54年３月９日)

者：坪井会長，末野副会長，渡辺委員長，岩生，川上，斉藤の各委員。

事：

. 第５条より改訂草案について審議が進められた。会長から定款改訂に関する希望が述べられた。

委員会(昭和54年３月12日，於私学会館)

者：式委員長，井上，川上，河村，神戸，五条，諏訪，西川，前島，前田，矢沢の各委員。

事：

地学雑誌88巻３号の編集について審議した。

. 創立百周年記念号について，テーマ「地学的調査の現状と動向」の内容を審議した。地学全体で40項目ぐらいになるので，89巻１号より部分的に載せては如何という意見があった。

百周年記念事業実行委員会(昭和54年３月23)

者：保柳委員長，末野，岩生，池辺，川上，坂倉，虎岩，西川，浜田，前島，矢嶋の各委員。

事：

. 募金状況(昭和54年３月15日現在)

合計 5,674千円

訳	会員	239名	3,044千円
	篤志者	20名	190 〃
	会社・団体	26件	2,440 〃

会員諸兄の御尽力により，上記のように予想金額を越した（但し，これまでの支出は差引いてない)。

2. 将来検討委員会で「地殻開発と人間生活」と題して，広い分野にわたる一般人向きの講演会の開催（２日間ぐらい）を希望しているので，これを百周年記念講演会とすることについて討議し，一同の賛成を得た。

3. (イ) 上記講演会になるべく多数の出席者があるように宣伝に努力する。(ロ) 会場は地学協会新会館の大会議室では狭すぎるおそれがあるので，日本テレビその他に会場の交渉をしてみる。(ハ) 上の結果によって式典や祝賀会の場所，日時などを考える。(ニ) 式典，祝賀会の具体案については，実行小委員会を組織して検討する。

理事会(53年度第９回，昭和54年３月27日)

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，式，前島各理事。

議 事：

1. ３月16日～17日の持回り理事会での，新地学会館に関する什器，備品類の購入と披露宴の審議結果を確認した。

2. 下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。

入会：鹿島愛彦，都築芳郎，徳永英二

退会：岩田孝三，南雲淳二(逝去)

3. 昭和54年度予算案に関する基本的構想を諒承した。

4. 評議員会と総会の日程を次のとおり決めた。

５月11日午後４時～６時　評議員会

５月26日午後２時～３時半　講演会，３時半～５時　総会，５時～６時　新旧評議員懇談会，６時～７時　新評議員会

5. 会員，図書，会館の各委員会委員には，図書委員候補中の１名を除いて内諾を得た。また，会員，図書の両委員会は佐藤理事，会館委員会は片山理事を世話役とした。

6. 会館建築に関する件

(1) 前回理事会以後の経過を諒承した。

(2) 新地学会館は５月１日に引き渡されるこ

とになった。

(3) テナントである第一建築サービス株式会社との契約を4月中に調印できるようとり運ぶことにした。

(4) 4月23日定礎式，5月1日建物引渡，テナント入居，5月9日竣工式，披露宴，5月12日東京地学協会会員に披露，以上の日程を決めた。

7. 引越作業のため，事務を4月27日～5月9日までの間休むことにした。

8. 「タイ国の地学関係文献目録」に関し審議したが，協会での出版は財源的に現状では不可能と判断した。

1980年国際地理学会議（IGC）記事（8）

昭和53年10月7日，28日，11月25日，12月16日，昭和54年1月20日，2月17日，3月17日，4月3日に準備委員会または幹事会が開催された。その後の主な事項は次の通りである。

(1) セカンド・サーキュラーについて

英文，仏文のものは完成し，とりあえず4月4日の日本地理学会春季学術大会の当日希望者に配布し，近く予備登録者，登録金前納者および希望者に送付する事となった。

和文のものは地理学評論，地学雑誌に掲載して配布するとともに希望者に送付する予定である。印刷完成は6月頃になる見込。

(2) 地理学界先輩との懇談会

昭和53年12月16日に如水会館会議室で開催され，田中薫，西水孜郎，保柳睦美，福井英一郎，渡辺光(順不同)の諸先輩が出席された。諸先輩から中国の参加問題，会の財政問題などについての御意見をうかがった。

(3) 予算について

従来は1億1千万円の予算をたてていたが，その後の情勢から規模を縮小する必要が認められ，新たに8千625万円の予算を編成した。

(4) 財務委員会について

町田委員長が多忙のため辞任されたのでその後任に荒巻孚氏を御願いした。また財務委員会事務所を日本地理学会事務所から東京都新宿区西新宿4—14—4 外山ビル5F(〒160 電話03-377-0233)に移した。また国際地理学会議(IGC)財務委員会名儀の郵便振替口座(東京8—82502)および銀行口座(第一勧業銀行新宿西口支店普通預金1484206)を開設した。

なお今後は各委員会に会計担当者を置き，毎月1回定期的に会合して事務の円滑を計ることとなった。

(5) 募金委員会について

竹内委員長が健康上の理由から辞任されたのを機会に改組し，会長を木内信蔵氏，副会長を清水馨八郎氏（交渉中），委員長を沢田清氏に御願いし，事務所を東京都千代田区神田駿河台2—10古今ビル4F（〒101 電話03—233—0303）に置き，積極的な活動を行なうことになった。

(6) 予備登録人員について

昭和54年3月17日現在の予備登録者は1,172人(内日本人215人)である。

IGC よりご寄付のお願い

会議の準備についてこれまでは会員からの参加費の前納金と若干の寄付金をもとにして切り抜けて参りました。今後の運営費については国庫負担金と法人からの寄付金とを期待致しておりますが，いずれも昭和54年後半か昭和55年度になりますので差し迫った昭和54年度の運営費は会員の皆様からの御寄付を仰ぐほかはなくなりました。この間の事情をお賢察下さいまして募金寄付に格別のご配慮を賜りたいと存じます。寄付については1口1万円とし，なるべく昭和54年7月31日までに国際地理学会議（IGC）財務委員会（郵便・銀行口座前掲）宛に振込下されば幸甚です。

(川上記)

紙碑及び訃報

石田龍次郎会員の逝去を悼む

かねて病床にあって療養につとめておられた会員石田龍次郎君には，1月11日，病状俄かにあらたまり，遂に75年に亘るその生涯を閉じられた。わが学界はまたしてもここに中心的人物の1人を失ない，まことに痛恨にたえない。同君はその半世紀余に及ぶ学究生活を通じて，指導的地理学者として，数々の大きな役割りを果たされた。同君の人文地理学，経済地理学界の分野における幾多の先駆的研究は，わが地理学界の歴史に刻まれた大きな道標をなすものである。また同君の卓絶した力量によって編集された，数次に亘る，総合的地理学叢書は，いずれもそのときどきのわが地理学界のいわば総力を反映したものということができよう。

このような，学究としての活動とともに，没することのできないのは，地理学の社会への還元，特に社会人を対象とする数々の著作を通じての，新しい地理学の普及についてのその大きな貢献であろう。学部，大学院等における専門教育に終始することなく，大学における一般教育につねに大いなる努力を払われたことと相まって，ここに地理学者としての同君の信念がよく伺われるであろう。

同君は，狭義の子弟関係という枠を全く離れ，つねに全国にわたって同志をもとめ，幅広い交友を通じ，またしばしば主宰した大型の共同研究等を通じて，多数の同志，後進に大きな影響を及ぼした点で，学界での異色の存在であった。

しかし同君の活動は，このようないわば国内関係にとどまらなかった。学術の国際交流を通じての同君の対外活動はまた大きな成果を収めている。例えば，国際文化振興会刊行になる，外国人の日本研究に資するための，日本人地理学者の筆になる基本的書物の解題（K. B. S. Bibliography of Standard Reference Books for Japanese Studies with Descriptive Notes. Vol. II Geography and Travel. 1962, 164P.）の編集，また国際教育情報センターの機関誌 Understanding Japan を通じての，再三にわたる日本紹介，あるいは諸外国の地理教科書における，日本に関する記述の誤りの是正のための同センターの広汎な活動の指導など，学術交流，あるいは新しい日本の海外



への紹介などにおける同君の貢献は実に大きい。

このような幾多の活動の中にあって，本会の発展のために果した同君の役割りを忘れてはならない。少壮にしてすでに，地学雑誌の編集委員として，月刊当時の地学雑誌の編集，刊行に，多年に亘って大いに励まれたほか，その長い会員歴を通じてしばしば寄稿もされた。同君の寄稿の最も重要なものの1つは地学雑誌東京地学協会90年史特別号（地学雑誌第78巻第3号，1969）に収録された「東京地学協会編年史稿」であろう。同君が2年がかりでとりまとめたこの編年史は，本会の歴史全般を扱ったものとしては最も詳細をきわめたものであって，歴史の古い本会にあっては，いまとなってはこれ以上の編年史をあむことは恐らく至難事であろう。

同君はかって評議員として，敗戦後の本会のたてなおしのためにも尽力された。本会の在り方について確たる構想をもたれた同君をいま失ったことは，新しい情勢をふまえて，今後一層の発展を期する本会にとって，実に大きな損失といわねばならない。謹んで同君の御冥福を祈ってやまない。

故石田龍次郎君の略歴

1904年石川県小松市（現在）に生れる。第四高等学校を経て，1927年東京帝国大学理学部地理学科卒業。同年，東京商科大学予科講師，1934年同教授，1949年一橋大学教授（社会地理学講座担当），1967年同学停年退職，同学名誉教授，この間，東京商科大学学生主事，一橋大学前期部長。本会評議員・編集委員。日本地理学会常務評議員・常任委員長・会長等を歴任。1979年1月11日逝去。

（矢沢大二）

神山貞二会員の逝去を悼む

本協会監事神山貞二博士は，去る昭和54年1月24日入院先の杉並区の東京衛生病院でスイ頭ガンのため逝去された。謹んで哀悼の意を表する。神山監事が昭和52年5月に就任されて間もなく，地学会館を新築することになり，それに伴なう諸契約や資金計画の事前監査のため，平常時の監事の仕事に加えて，大層な負担を背負ったばかりでなく，将来検討委員会の幹事として一方ならぬ貢献をされた。それらの仕事の処理に当っては，人一倍精力的であったのに，昨年夏にわかに腹痛を訴えてから，病状は悪化の一途をたどり，ついに不帰の客となられたことは，協会の事業遂行のためにも大きな打撃であって，まことに残念の一語に尽きる。

神山貞二君は明治43年2月8日栃木県小山市の生れで，栃木中学校，浦和高等学校を経て，昭和6年に東京帝国大学理学部鉱物学科に入学した。卒業論文では，神奈川県の丹沢山地のスカルンをとり上げ，同山地内の篠沢で日本には珍しい見事なベスブ石・トウキ石・ケイカイ石などの結晶を発見記載した。その報文は，地質学雑誌41巻・岩石鉱物鉱床学会誌11巻・日本鉱物資料続第一巻などに掲載されている。

昭和9年東大卒業後直ちに古河鉱業株式会社に入社，和歌山県飯盛鉱山，静岡県久根鉱山などで探鉱に従事した。昭和14年山東省桃科荘銅ニッケル鉱山主任として大陸に赴任し，昭和18年には北支那開発株式会社華北重石鉱業株式会社に出向して同社取締役兼密雲鉱業所長を勤めた。終戦後古河鉱業株式会社に復帰して，昭和24年から約8年間秋田県の阿仁鉱業所長，昭和32年から約4年間久根鉱業所長を勤めた後，昭和36年本社探査部長，昭和39年監査役に任ぜられた。

古河鉱業株式会社在職中を通じて，鉱床探査の上で数々の成果を挙げたが，なかでも，キースラーガーと結晶片岩の線構造との関係に注目し，それを手がかりとして鉱床の延長方向を求める方法は，他の同種鉱床にも応用されて高く評価されている。また，阿仁鉱山の研究と開発に関しては，昭和33年に日本鉱山地質学会賞が贈られ，その成果は“Geological Structure and Copper Veins of the Ani Mining District, Akita Pref., Japan”と題して，*Jap. Jour. Geol. Geogr.* Vol. 33 に掲載された。これらの成果に対して，昭和36年に東京大学から理学博士の学位を授与された。このように鉱山の現場にありながら，旺盛な研究心を燃やしつづけた神山君であるが，それを自分個人だけのものとせず，広く同学の友人・後輩に研究の機会を与えることに熱心であった。



昭和39年8月に原子燃料公社理事となってからは，ウラン資源の探査開発に取組むことになった。原子燃料公社は昭和42年に動力炉・核燃料開発事業団となったが，その後も引続き理事として昭和51年まで勤め，その間，海外ウラン資源の探査やPNCプロセスと称する独特のウランの一貫製錬技術の開発を推進した。また諸外国との共同開発計画もいくつかとりまとめ，そのうちニジェールでの共同事業は，間もなく生産されたウランが日本に送られるところまでに成功させた。

国際会議にもたびたび出席して，日本のウラン鉱探査の実状の認識を広めることに努力した。たとえば，1974年の Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference（ホノルル）では，嶋崎吉彦・久保恭輔と連名で“Geological Aspects of Uranium Resources of Japan”と題する発表を行ない，1976年の第25回 IGC（シドニー）では片山信夫と連名で“Favourable Conditions for the Formation of Basal Type Uranium Deposits”と題する発表を行なった。

昭和51年9月からは，国際資源株式会社の顧問に就任，ニジェールで新しい鉱区の開発を計画し，着々成果を挙げつつあるところであった。

なお，神山貞二博士の鉱業界，国家資源政策に果した功績に対して，昭和48年10月に藍綬褒章が授与された。（片山信夫）

訃報

本協会会員南雲淳二君は，昭和52年10月22日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。

会長　坪井誠太郎

Vol. 88, No. 1

山際延夫他：志摩半島東部に分布する上部ジュラ系今浦層群産出の珊瑚化石について（第一報）

正　誤　表

ページ	行	誤	正
29	表題	上部ジェラ系	上部ジュラ系
33	上より6	8属2亜属4種	18属2亜属44種
36	上より11	8属2亜属4種	18属2亜属44種
30	第1表 下より7	Neorchwagerina 帯	Neoschwagerina 帯

おしらせ

この度，新しい地学会館の建物が下記のもとの場所に完成いたしました。本協会は5月1日より，新しい地学会館におかれることになります。長い間，御不便をおかけして参りましたことをお詫びいたします。

宛名番地：〒102　東京都千代田区麹町二番町 12—2

電話番号：261—0809（いままでと同じです）

なお仮事務所は4月末をもって閉鎖いたします．

東京地学協会

Journal of Geography
Vol. 88, No. 2 (830), 1979

地学雑誌 第830号 昭和54年4月20日印刷 昭和54年4月25日発行
編集兼発行者 式 正英
発行所 社団法人 東京地学協会 東京都千代田区九段南4-5-11
郵便番号 102 電話東京(261)0809番 振替口座東京 66278番
印刷所 一ツ橋印刷株式会社 東京都品川区上大崎 3-12-15

東京地学協会取扱い出版物

$\frac{1}{5万}$ 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円
〒 400円

上松　足尾　厚田　阿仁合　赤穂　秋葉山　岩内　飯田　今治西部　伊予三崎　岩館　宇部　宇部東部　襟裳岬　渡島小島　飫肥　大垣　大迫　大畑　近江長浜　大屋市場　鬼鹿　尾花沢　小浜　磐田　海南　唐津　冠島　霧島山　串本　鞍岡

甲府　国分　昆布森　猿留　須坂　垂水　田沢湖　但馬竹田　丹後由良　妻籠　土淵　都農　津山東部　都井岬　当別　動木　苫前　富高　那智　男体山　西方　沼田　鋸崎　八丈島　春立　羽幌　浜益　東茂住　燧岳　平戸　人首　船津　幌加内　本岐　幌泉

母衣月　神子元島　三日市　三厩　森吉山　門別　焼尻島　吉野山　呼子　留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖　網走　荒島岳　伊万里　内の浦　遠別　雄冬　渡島大島　大村　奥津　大江山　鹿屋　上里　蠣ノ浦　加子母　金木　加治木　北見　草津　小门瀬戸　円領　佐用

志布志　城端　周匝　川内　男女群島　鷹巣　達布　田並　太良鉱山　近川　智頭　月形　徳舜瞥　仁位　西徳富　根雨　羽島　初浦　肥前高島付野母崎　日向青島　美幌　肥前江ノ島　弘前　深浦　三島　三田井　焼石岳　涌谷　若柳

各 890円
〒 450円

五所川原　田老　妹背牛　△横田

脇野沢

850円 〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

竹田　蓼科山

2,390円
〒 都内 450／第一地帯 550／第二〃 650／第三〃 750

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜　伊良部島　岩沼　魚津　渡島福島　川尻　金華山　熊石　久遠　五城目　尻屋崎　竹貫　多良間島　鶴居　利島　富江　那珂湊　野尻　彦根東部　都城

八雲　陸奥川内　米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田　知内　大樹　館　多里　▲津幡　飛騨古川

各 1,840円
〒 450円

秋田　上石見　本荘　八が岳

各1組 600円
〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ
大槌・霞露岳
大間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡
掛塚・見付

$\frac{1}{20万}$ 地質図　各〒 300円

各440 円

石巻　大分　男鹿島　唐津　高知　野辺地　羽幌　松山

輪島　伊良湖岬

各 620円

青森　網走　酒田　新庄　[illegible]津　苫小牧

深浦　宮津　稚内

各 870円

岩内　天塩　広尾　尻屋崎

各 1,140円

根室　鳥取　剣山　斜里

各 1,310円

留萌　▲宮古島　知床岬

釧路　豊橋　野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎　旭川

2,350円

弘前および深浦

$\frac{1}{7万5千}$ 地質図 説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首　高松　徳島　勿来

$\frac{1}{50万}$ 地質図

1,950円

福岡

500円

八丈島　奄美大島

2,320円

釧路

以上〒 300円

地学雑誌　隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 3 (831), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　（▲印新刊）

各 〒400円

1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質	2,500
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿武隈山地周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1.5万、1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
▲1/100万	[illegible]	4,690 500

[illegible]　各 〒400円

1/ 20万	(I)	[illegible]	1,680
1/ 20万	(II)	[illegible]	1,350
1/ 20万	(III)	[illegible]	1,840
1/ 20万	(IV)	[illegible]	1,630
1/ 20万	(V)	[illegible]	1,700
1/ 20万	(VI)	[illegible]	1,280
1/100万	(VII)	[illegible]	3,610
1/100万	(VIII)	[illegible]	2,000
1/ 20万	(IX)	[illegible]	2,350
▲1/ 20万	(X)	[illegible]	1,970
▲1/100万	[illegible]	[illegible]	2,650

日本油[illegible]	(I)	[illegible]	820
〃	(II)	[illegible]	820
〃	(III)	[illegible]	820
〃	[illegible]	[illegible]	3,430 750
〃	[illegible]	[illegible]	1,510
〃	(IX)	[illegible]	820
〃	(X)	[illegible]	2,140
〃	(XI)	[illegible]	1,510
[illegible]		[illegible]	1,510

日本水理地質図　各 〒400円

(IV)	山梨県釜無川および笛吹川流域	650
(V)	香東川・土器川・財田川流域	650
(VI)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	650
(VII)	千葉西部	650
(VIII)	奈良県大和川流域	650
(XI)	長野県松本盆地	650
(XII)	兵庫県南西部	650
(XIII)	佐賀・福岡県筑後川中流域	650
(XV)	都城盆地	650
(XVI)	仙台湾臨海地域	840
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	650
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	650
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	650
(XX)	鳥取県日野川流域	840
(XXI)	福岡県矢部川中流域	840
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,150
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,390
(XXIV)	長野県千曲川中流域	[illegible]
(XXV)	島原半島	1,530
(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,280
(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	[illegible]
▲(XXVIII)	福島県郡山盆地	[illegible]

空中磁気図　各 〒450円

(I)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	[illegible]
(II)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	[illegible]
(VI. VII)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	[illegible]
(VIII. IX. X)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-積丹海域	[illegible]
(XI XII)	椅島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	[illegible]
(XIII)	福井 豊岡 隠岐海域	[illegible]
(XIV. XV. XVI)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	[illegible]
(XVII. XVIII)	天北-十勝地域	[illegible]

各 450円（ただしI，II，IIIは都内550円
第一地帯670円　第二〃 770円　第三〃 870円

日本炭田図	(I)	常磐炭田図ならびに説明書	[illegible]
〃	(II)	北松	[illegible]
〃	(III)	留萌炭田大和地区	[illegible]
〃	(IV)	常磐炭田泉地域	[illegible]
〃	(V)	釧路炭田新縫別地域	[illegible]
〃	(VI)	石狩炭田空知区東芦辺地域	[illegible]
〃	(VII)	釧路炭田北西部	[illegible]
〃	(VIII)	雨竜一留萌	[illegible]
〃	(IX)	佐世保市南西部新	[illegible]
〃	(X)	新潟県赤谷	[illegible]
〃	(XII)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	[illegible]
〃	(XIII)	天北炭田地質図	[illegible]
		天北炭田炭層対比区炭柱図	[illegible]

Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二〃 820円　第三〃 920円
並製 3,780円

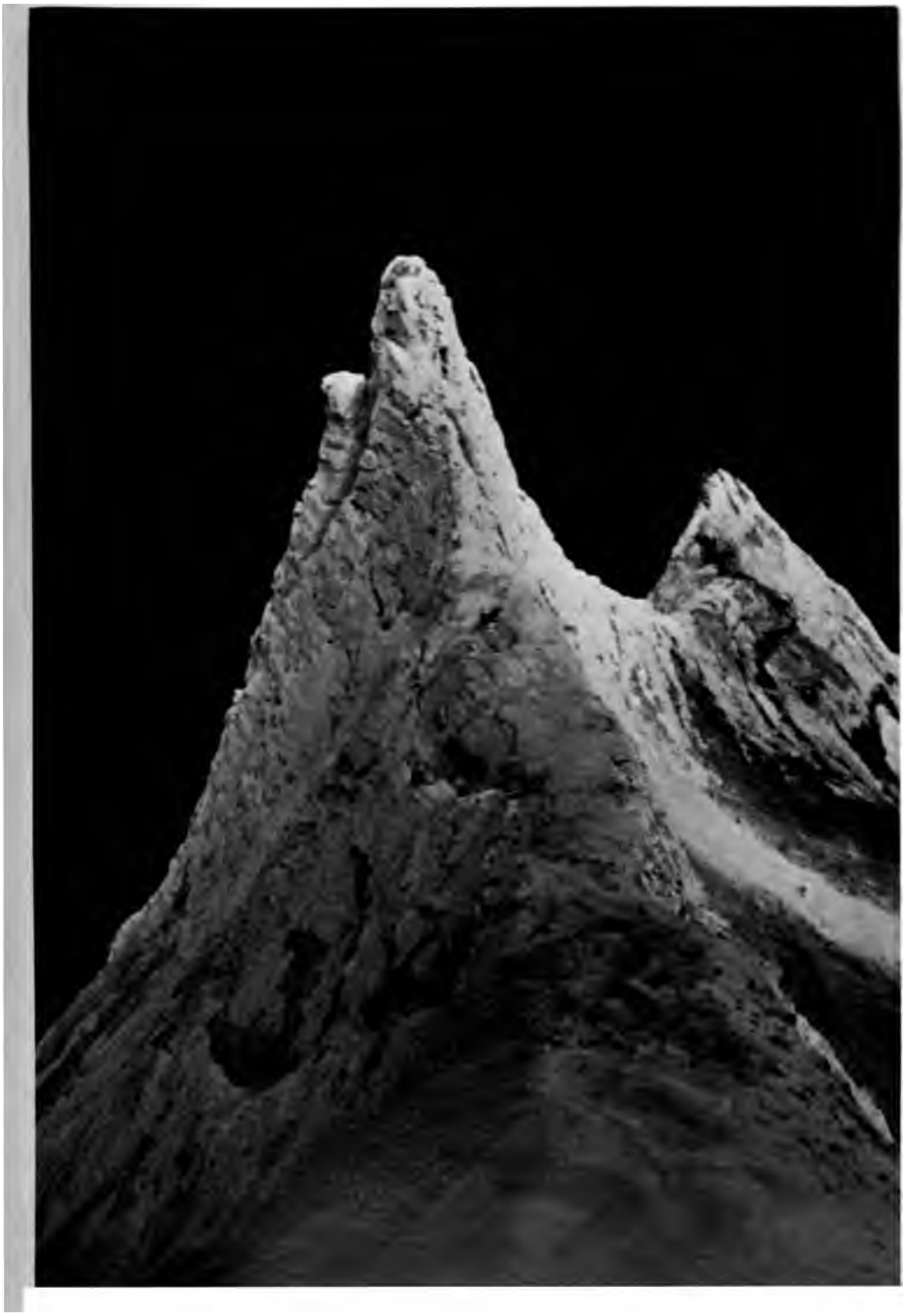


写真 1　スウェーデン南西部，クラール川の河谷内部，フィヨルド沈積物のつくる悪地地形



写真 2 スウェーデン東部，ダール川の開析三角州と側食崖

スウェーデンの河谷にみられる後氷期の海成及び三角州堆積物とその地形

Post-glacial Marine or Delta Deposits and their landforms in the Swedish River Valley

スウェーデンの河谷は，フェノスカンジア氷床が消失して以来発達を始めた。併し，解氷と同時にユースタシーによる海面上昇のために，低い部分は先づ沈水してしまった。併行してアイソスタシーによる地盤の回復隆起が継続し，この部分は結局は陸化した。後氷期の海面の痕跡は，スウェーデン中央部で，海抜300m 近い所にも認められている。

写真１はスウェーデン最大の湖ベネルン湖に注ぐクラール川（Klarälven）の河谷内部の段丘崖の一部である。鋭い尖峰は海成のフィヨルド沈積物（Fjord sediments）の白色シルト層から成る。脆いが堅密な地層のため特異な悪地地形をつくる。段丘の最上層は４m の厚さの河成細砂層であるが，その下層が上記のシルト層となる。クラール河谷はもともと構造的凹地で，9000年前に解氷したが，その後海侵をうけてフィヨルドとなっていたことを物語る。場所は上流のスピーケボル（Spickebol）付近で，谷床高度は140m，河谷をかこむ氷食準平原の山稜高度は３～400m である。この地形はニッパ（nypa）と呼ばれ英語の nip に相当する。ニッパの高さはここでは25m ほどである。

写真２はダール川（Dalälven）下流左岸，河口から７km 上流のヴェスタノ（Vestanå）付近の，開析三角州の側食崖である。解氷の時期は前の例とほぼ同じだが，海侵をうけた後，離水の過程で形成された三角州面の高度はこの付近ですでに20m あり，川はその軟弱なシルト質細砂層に陥入して崖の高さは15m をこえる。日本の新期形成の三角州面でこの様な隆起量を示す例はない。年々の岸欠潰による側食の影響は著しく，地下水の浸出と雨食ともこれを助けている。段丘面上の家屋は農家で，周囲は牧草地として古くから利用されて来た為，蚕食された土地の面積について克明な記録がある。1697年以来，260年間に写真の部分だけで16ヘクタールの土地が消失し，200m も崖の位置が後退してしまった。固い基盤岩の露出の多いスウェーデンの国土の中にも，局地的には後氷期の脆弱な堆積地形があり，様々な問題を投げかけている。日本ならば護岸や制水工がみられる筈だが，殆んど自然河川の状態にあることも異った点である。(1972年５月～７月，式　正英撮影，Photo by M. Shiki)

地学雑誌 88, 3 (1979)

泰国地質鉱産略編 その1
層序小説

澤田秀穂*

Compiled Rough Sketch of Geology and Mineral Resources of Thailand (Siam), Part I: Brief Note on Stratigraphy

Hideho SAWATA

Abstract

Summarized introduction of stratigraphy/historical geology of Thailand edited with the material available for the editor upto October 1978 is given.

The Precambrian unit radiodated is unknown yet. From Cambrian to Permian, many units were confirmed by paleontological data to which many Japanese geologists have contributed. Non-marine sediments of late Triassic-Cretaceous (even Tertiary?) time are widely distributed in the north-eastern part of the country where enormous amount of rock salt with some potassium deposits is known to exist. The Tertiary formation is known in small basins on land and in many north-southerly elongated grabenlike basins in the Gulf of Siam where the natural gas of commercial value has been found. The Quaternary sediments are known along the rivers and sea coasts, the largest distribution being along the lower part of the river Mae Nam Cham Chao Phraya.

Generally speaking the basic and systematic honest study of stratigraphy is still much needed to be done which may need honest and hard-working geologists who should love geology and be decided to contribute to the real happiness of the people of their own country and of the world to live in harmony with the nature.

I. 要 約[1)]

この国の先寒武界 (Precambrian) は層序・岩相などからの推定によるもので，絶対年代の決定によるものはまだない。角閃岩相の片麻岩類がこの時代のものであろうとされ，この国西縁の山岳部の中軸帯にみられる他，シャム湾北縁東側にみられる。

下部古生界 (Lower Palaeozoic) のものは西縁山岳地帯，シャム湾北縁東側，および南の半島部にしられる。寒武紀 (Cambrian) のものは三葉虫を伴う砂岩よりなり，また珪岩，石英千枚岩，石英片岩，若干の泥質岩よりなる地域もある。奥陶紀 (Ordovician) のものは，よく成層する石灰岩よりなるものが典型的で，頭足類の化石を伴うことがあり，また頁岩，砂質岩類を若干挟在する。

中部古生界は変化にとみ，西部では三葉虫，筆石，触角石 (tentaculites) を含む頁岩があり，中部では触角石頁岩，砂岩，石灰岩，チャート，東部では火山岩を伴う優地向斜相 (eugeosynclinal facies) を示す。

* ソンクラ王子大学総長顧問
Advisor to the Rector, Prince of Songkhla University, Hat-yai, Songkhla Province, Thailand

1) BUNOPAS, 1978ほか

中部古生界の上部のものは処により石炭系 (Carboniferous) または二畳系 (Permian) にひきつづくが，中央部ではこの時期のものは化石をみない赤色岩層により代表される。

上部古生界のものはこれより古いものをおおうかこれに伴って存し，石炭紀のものは化石にとむ頁岩や砂岩で二畳紀層の下にくる。所により石炭紀の化石のみられぬ赤色岩層が二畳紀層下に整合または不整合に存する。上部古生層の上位のものは主として石灰岩であるが，この石灰岩は所によりちがった時期から始まる。化石をふくむ三畳紀層 (Triassic) は，国の西部にみられ，所により二畳—三畳紀の境は整合または不整合となる。

三畳紀後期—白亜紀 (Cretaceous) の非海成層は主として北東部にみられ，Norian または Carnian 後期からも始まったとされる。この地層は志留—泥盆紀 (Silurian—Devonian) から三畳紀におよぶ時代の古期岩層の上にのり，時には後期三畳紀の火山岩類をおおうこともある。

第三紀層 (Tertiary) は山間盆地，チャオフラヤ河の中央平原，シャム湾底にしられ，褐炭や含油頁岩 (oil shale) を含むことが多い。その時代決定は未だ十分でない。

この国の層序がここ十数年来の日本人古生物専門家他の多大の貢献によって急激に明らかとなってきたことは著しく，また新旧各種の地層にはいろいろの地層名がつけられてきているものの，この国の層序分類はまだ確立するには程遠く，既に混乱が生じてきている。基礎的な精細にして確実な成果をあげる正直な現地調査が更につみ重ねられていかねばならず，そのためにはこの国の国民ひいては世界の全人類が自然との調和において幸せに暮してゆける為に献身するこの国の地質専門家が，多数近い将来に現れることこそ望ましい。

II. 先寒武界

この国の先寒武界に属するとされるものはすべて層序・岩質・岩相などからする推定によるもので，絶対年代の確定によるものは一つもない。近年タイ・マレーシヤ国境南隣，ランカウイ諸島 (Langkawi) の Tepor 島から上部古生界の泥岩中の深成岩礫が1029±15百万年となり，これがマレー半島で絶対年代により先寒武紀のものとして確認された最初のものとされている (STAUFFER & SNELLING, 1977)。タイのマレー半島に属する部分—半島部タイ—にはこれに似た産状の花崗岩礫があって，先寒武紀のものではないかともいわれていたが，その絶対年代はまだ知られていない。

この国の地質専門家の中には，その片麻岩類はすべて先寒武紀の地層や変成を示すものであり，高度変成を示す鉱物があればその変成期をしるにたると考えるものが多いけれども，これまでの研究は極めて少なくかつ不完全なものであって，時代の明らかな最古の地層の下のすべての基盤岩をこの様に扱うことはできないとされている。

現在までに先寒武紀のものではないかとされているものに次の10の地域がある—北から南へ (DHEERADILOK, 1973, ; CAMPBELL & NUTALAYA, 1973)：

1) Chieng Sen—Chieng Saen massif
2) Chiengmai 西部 } Chiengmai—Tak gneiss belt
3) Tak 西部 }
4) Nakhon Sawan 西部—Ban Rai complex
5) Kanchanaburi 北西部—Kanchanaburi gneisses
6) Chacherngsao 南部—Chonburi massif
7) Aranyaprates
8) Prachuapkirikan 北東部—Hua Hin gneiss
9) Thabsakae gneiss
10) Ranong gneiss

その岩石は準片麻岩，雲母片岩，石英片岩，石灰珪酸岩（calcsilicate），結晶質石灰岩，花崗片麻岩などであり，鉱物学的にみると角閃岩相の高度変成岩と考えられている（DHEERADILOK, 1973）。分布地域は全部102°E 付近以西にある。

III. 古生界

1）概説

古生界については寒武紀から二畳紀に至る地層がしられている。しかし地層名の命名については，精細確実な基礎的組織的調査をもととし，明瞭な模式地を定めての命名はこれまで極めて稀であって，ごく数の少ない大まかな命名についても混乱がすでに生じていて，本格的な教育，訓練，経験をへてきた地質専門家がごく少ない国にあっては地質学の発展はいかなる経過をとるかを明らかに示すよい例であろう。最近になっても約900km² の広域が1969年のタイ鉱産資源局の"権威ある"100万分の１地質図に示されたジュラ―三畳紀から二畳紀のものに変更されている（BURTON, 1978）。この場合，上記地域の一部についてはすでに早く1964年，小林貞一教授を長とする調査団の成果によって二畳紀のものなることが明らかにされていた（TORIYAMA & others, 1964）。

この国の下部古生層については寒武，奥陶，志留の何れの時代のものも化石によってその存在が知られ，これについては上記小林教授を中心とする日本の地質・古生物専門家の貢献するところ極めて大であることは，この国の地質調査技師の一部をのぞいては広く世界の人々の認めるところとなっている。

南の半島部タイでは，タイ・マレイシヤ国境をはさんで南のランカウイ諸島および北のタルタオ島にわたり上部寒武系に属するとされる砂岩層と奥陶紀のものとされる石灰岩がある。タルタオ島における当大学とマレイ大学との共同調査によると，ごく粗い結果であるが層厚は砂岩が約200m 以上，その上の石灰岩との間の漸移層は約250m とされる。砂岩層の北方延長はタルタオ島の北200km のナコンシタマラアト市西方にあって，花崗岩の山塊によって貫かれた形をとっている（DMR, 1969）。また石灰岩の部分はこの山塊とタルタオ島との間に広く示されている。

この国の北西隅，北緯18度以北の西域は大部分が西独地質局の調査にかかるもので，この国の鉱産資源局をカウンターパートとした（Geological Survey of Fed. Rep. Germany, 1972）。その調査結果によるとこの国北西部の寒武・奥陶紀に属すものは先寒武紀のものと思われる片麻岩類を平行不



第１図　地名索引図

18　バンコック Bangkok
3　チェンマイ Chiang Mai
2　チェンライ Chiangrai
21　チュムポン Chumphon
30　ハジャイ Hat Yai
15　カンチャナブリ Kanchanaburi
19　コラアト台地 Khorat
25　クラビ Krabi
5　ラムパン Lampang
33　ランカウイ諸島 Langkawi Islands
7a　リイ Li
9　ルウイ Loei
1　メエホンソン Mae Hongsorn
16　メエクロン河 Mae Klong
17　チャオフラヤ河 Mae Nam Chao Phraya
6　メエサリヤン Mae Sariang
10　メエソット Mae Sod
4　メエモオ Meh Mo
13　ナコンサワン Nakhon Sawan
26　ナコンシタマラアト Nakhon Sri Thammarat
3a　ナン Nan
14　ペチャブン Phetchabun
7　プレイ Phrae
23　プケット島 Phuket
15a　ラブリ Ratburi
29　サトン Satun
31　ソンクラ Songkhla
12　スコタイ Sukhothai
22　スラタニ Surat Thani
11　タアク Tak
32　タルタオ島 Tarutao Island
28　トラン Trang
20　トラアト Trat
8　ウッタラディッド Uttaradit

第１表　外国志留系―泥盆系―石炭系層名対比表
(THANASUTHIPITAK & others, 1978 による)

Source ＼ Age	Silurian	Devonian	Carboniferous
BROWN, and others (1951)	Kanchanaburi Series		
JAVANAPHET (1969)	Tanaosri Group		
	Kanchanaburi Formation		Kaeng Krachan Formation
BAUM, and others (1970)			Carboniferous Formation
MITCHELL, and others (1970)	Phuket Group (Peninsular Thailand)		
	Lower Formation		Upper Formation
PIYASIN (1972)	Don Chai Group	(Northern Thailand)	Mae Ta Group
Others			Devonian-Carboniferous Sequence

整合におおい主として珪岩質の岩石よりなり，所により上部においては泥岩，石灰質岩石の夾みがふ る。狭義の奥陶紀石灰岩との間には明瞭な境がない。寒武紀に属するものの厚さは北側で約500m，西側で ほぼ1,000m となる。

奥陶紀層は下部の薄層をなす石灰岩から団塊状または塊状をなす石灰岩に漸移し，最上部にあっては 域により，石英千枚岩や白雲岩（ドロマイト）に漸移する。この国の北部での層厚はチェンマイーメエサリヤン地区の 100m からリイ地区の300～400m に及ぶ。この国西部でも同様で，石灰岩の厚さは450m に達し，初生 積起源と思われる鉛・亜鉛の層状鉱床が含まれる。

志留一泥盆紀のものは頁岩，砂岩，硬砂岩およびチャートよりなり，時に石灰岩を挾む。その層厚 500m をこえない。古生物では細分が可能であるが，岩相がよく似ているため野外での区分は不可能で る。その分布は奥陶紀のものに準ずる。

前期石炭紀になると泥盆紀からの砕屑物の堆積はなおつづくが，堆積環境が多様化してくる。この時 の終わりには岩漿活動を伴う造山作用が著しかったとされている。全層厚は300～400m と思われる（第 1表）。

後期石炭紀から中生代にかけては堆積状況の変化が顕著となり，堆積盆地と盆地間の山嶺との岩相が同 時に発達し，水平的には交叉することが著しくなる。

上部石炭系に属するのは海成のチャート，砂岩，頁岩，礫岩と陸成の赤色砂岩，泥岩で，いずれも厚 数百米に達する。海成盆地の浅い部分では，石灰質岩相がさらに二畳紀につづき，深い部分には砕屑岩 堆積がみられる。陸成または海成の砕屑相には厚い赤色礫岩または頁岩，砂岩およびチャートがあり，水 的に海成の二畳一石炭紀石灰岩と指状交叉をなす。最上部石炭系には多くの場所で塩基性火山岩がみら る。

二畳紀に至るも砕屑岩や海成層の堆積はつづき，上記赤色礫岩は二畳紀礁成石灰岩のおおうところと る。また所によっては均質の砕屑海成層が顕著な断絶をみることなくつづく。二畳紀末には中性から 性の熔岩，凝灰岩が海成相中に挾まる。二畳紀石灰岩の厚さは約100～150m である。

以上が西独側によるこの国北西部の古生層についての成果概略の紹介であるが，さてその他の地域に つ

いてみると，前記1969年度の地質図には北東部のコラアト台地を除くと北から南まで全土にわたり広大な地域がこの古生代のものとして記されている。しかしながらこれらの地層岩石に関する信頼するにたる地質調査の成果の公表されたものはあまり数が多くはない。1978年12月迄に公表されたこの国の地質図中には北タイの25万分の1地質図巾が3枚あるのみで，日本の地質調査所とあまりちがわない長さの歴史をもつこの国の調査機関は，西独側の仕事に刺激をうけて近年この種の作業を開始し，北から南へ作業を進めつつある。約1年前から南タイの地質図巾調査を開始したが完了迄には10年はかかるであろうという人もいる。なお，北タイの西独側の作成した地質図巾は1969年その原稿はタイ側に渡されたまま今もって一枚も公刊されていないという。しかしこうした地質図巾調査の様な地味な仕事が若いこの国の地質技師たちによってともかくなされだしたということはこの国としては誠に慶賀すべきことというべきであろう。

2) 各説

a) 寒武系

さて本題にもどって更に記述をつづけることとして，タルタオ島の寒武紀砂岩同様のものは，この国西縁山岳地帯にのみみられ，北はメエホンソンからカンチャナブリに至り，これから南，ナコンシタマラアトにいたる間にはしられていない（BUNOPAS, 1976）。ナコンシタマラアト市の西には奥陶紀石灰岩におおわれる砂岩・頁岩層があり厚さ数百 m と思われ，これがタルタオ島の砂岩の最北延長と考えられている。

b) 寒武系―二畳系

半島部タイの西部および中央部には広くプケット（島）の名を冠した泥岩頁岩砂岩の厚層があり，厚さ3 km 以上，八つの岩相が認められ？ 寒武--二畳紀のものと考えられている。この地層はかってては痕跡化石から寒武紀のものとされていたが，英国の地質調査班により上記の如く改められたものである（GARSON & others, 1975）。更に同班によればタルタオ島の石灰岩層と同じとされていた石灰岩は当地域には存在せず，上記泥岩砂岩の厚層は整合をもって上位の二畳紀石灰岩層に移り，この石灰岩直下には二畳紀の厚さ200m におよぶ砂岩頁岩層が位置する。この二畳紀砂岩泥岩層と同様の岩相，層序を有するものは更にこの北約500km バンコック南西90km の地点でもみとめられ(SAWATA & others, 1975)，更にビルマ中部においてもみられるという（MITCHEL, A. H. G., 1978, oral communication)。

c) 寒武系―奥陶系

バンコックの西約100km のカンチャナブリ地方の上部寒武系に属する砂岩と共に奥陶紀の石灰岩があって，北はメエサリヤンまでのびていることが近年判ってきている。その厚さ平均80～100m，コノドントにより下部から上部奥陶系のものという。バンコック南東約80km の島および本土には含化石奥陶紀石灰岩がある（BUNOPAS, 1976）。

d) 志留系―泥盆系

BUNOPAS, 1976によれば志留―泥盆紀の連続する地層は上記古期古生代のものより大きな地域を占めて2相よりなるという。西部山岳地帯の最西縁部の触角石―筆石相は変化の少ない頁岩砂岩，所により千枚岩，珪岩，粘板岩，チャート，石灰岩薄層よりなり，北はメエホンソンからチェンマイ，タアク，ナコンサワンの西，カンチャナブリ，ナコンシタマラアトからサトンにいたる間に分布する。火山岩はまれで，これが一つの特徴となりミオ地向斜の堆積物と考えられる。

もう一つの相は上記西部山岳部の東にあって，化石に乏しく硬砂岩，粘板岩，チャート，石灰岩，凝灰岩，オフィオライトよりなり，北はチェンマイからラムパン，ナン，ウワタラディットプレイ，スコタイ，ナコンサワン，ルウイさらにシャム湾東岸に及び，半島部タイや東部マレイに及ぶものと考えられ優地向斜性と思われる。

BUNOPAS の考える西部のミオ地向斜の岩石には志留－中部泥盆系の化石が含まれ，所により堆積は奥陶紀からつづいている。一方優地向斜の岩石は時代の決定がむつかしいが恐らくは上記ミオ地向斜のものと同様の時代の岩石を含むものと思われる。

第2表 タイ国上部泥盆系—石炭系—上部二畳系層序表
(THANASUTHIPITAK & others, 1978 による)

Age	Peninsula and South	Western	Northern	Northeast
Upper Permian	Mostly limestone	Quartzitic sandstone	Mainly shale with sandstone limestone and conglomerate intercalations. Abundant brachiopods, pelecypods, and bryozoas in lower part.	Clastic sed[illegible] ments shale [illegible] sandstone are[illegible] more promine[illegible] than carbonate[illegible] facies.
Middle Permian	sandstone shale	Plateau limestone with *Parafusulina* sp.	Limestone with intercalations of tuff, chert beds, and sandstone. *Neoschwagerina* in limestone, brachiopods and pelecypods in tuffaceous sandstone.	Limestone con[illegible] taining *Yabei[illegible] na, Verbeekina* [illegible]
Lower Permian		Calcareous sandstone with bryozoa, brachiopods, coral *Lophophyrid* conglomerate.	Andesite, rhyolite, tuff, agglomerate with intercalations of thinlimestone bed containing brachiopods *Juresania* sp.	Limestone wit[illegible] intercalations of thin clastic[illegible] Fossil of *Pseudo[illegible] schwagerina.*
Upper Carboniferous	Thick bedded sandstone and shale	Sandstone, shale tuffaceous, pebbly Red sandstone and conglomerate.	Feldspathic sandstone and thin limestone overlie volcanics (andesite, rhyolite, tuff, agglomerate). Red conglomerate, sandstone, claystone.	Massive lime[illegible] stone shale and[illegible] sandstone con[illegible] taining brachi[illegible] pods and bry[illegible] zoas.
Middle Carboniferous	Slump and pebbly mudstone, sharp-based sandstone, laminated mudstone	Sandstone and conglomerate.	Sandstone and conglomerate andesite and tuff.	Fusuline-coral limestone, shale[illegible] with limestone[illegible] interbeds.
Lower Carboniferous	Siliceous shale, chert, siltstone, fossils conodonts.	Shale, sandstone, pebbly shale	Sandstone, local conglomeratic arkose, shale with occasional limestone and chert intercalations, with conodonts.	Sandstone, tuff. [illegible]
Late Devonian	[illegible]	[illegible] shale	Red beds containing [illegible].	Shale and conglomerate.

[illegible] 泥盆系—石炭系

[illegible]

[illegible]

頁岩，泥岩，含礫泥岩よりなり，砂質岩としては砂岩，珪岩，礫岩，硬砂岩がある。化石としては触角石，筆石，三葉虫等がみられる。

北部タイでは泥質岩にとみ火山砕屑岩，赤色岩がみられ，成層チャート，夾在石灰岩が上部にあり，また化石としては筆石，コノドント，貝形類，腕足類などがしられている（THANASUTHIPITAK & others, 1978)。

この国西部については上部泥盆一石炭紀層を志留一下部泥盆紀層から全層序を通じての岩相の点から区別しようとの試みもあったが（DMR, 1969),時代区分がうまくいっていない。

これ迄の通念として赤色岩類はすべて中生代のものとすることが多かったが，その少なからざるものが古生代に属することがわかってきている。これら赤色岩類は半島部北半のラブリ一スラタニ間では二畳紀石灰岩の下に位置することがしられている（BUNOPAS, 1976)。またチュンポンから南，トランにいたるこの種赤色岩層は二畳紀石灰岩に挟まれ，またこれと指状交叉し，二畳紀に属すると考えられている(BURTON, 1978)。

北東タイ北西隅にあたるルウイ地方では節理ある砂岩，頁岩，石灰岩，礫岩，凝灰岩低度変成岩類があり，化石によって上部泥盆系から石炭系に属するものとされる（KOBAYASHI & others, 1964, BLEACKLEY & others, 1965, BUNOPAS, 1976)。そして下部石炭紀層は連続する石炭紀一二畳紀層の基底にある。

f） 石炭系および二畳系

半島部タイからも各所に石炭紀 Visean の化石がしられている。当大学の北東30km のソンクラ市に近いソンクラ大潟中の一島 Ko Yo からは下部石炭系のコノドントが珪質頁岩・チャートの互層から報ぜられ（IGO, 1973）この地域の海成三畳系とされたもの（DMR, 1969）は誤りとなる（GRANT-MACKIE & others, 1978)。

中部石炭系はインドシナ半島地域では，花崗岩の迸入を伴う顕著な上昇期のものと考えられ，下部石炭系と上部石炭系との間に全域にわたる層序・構造上の断絶がある（Dinantian と Moscovian の間)。その間にくる Namurian はわずかに東部ラオスにしられるのみで，他の地域では Moscovian にまでおよぶ大きな石炭紀中の褶曲・火成岩迸入・低度変質の時期がみられる（WORKMAN, 1977)。この時期の浅海相は下部二畳系に移行するが頁岩・石灰岩を挟在し，石灰岩からは紡錘虫珊瑚類，石灰藻類その他が各層準に産し，また頁岩からは腕足類，三葉虫類，アンモン貝類，二枚貝類が産する。

半島部タイのプケット島およびその周辺の本土ではデルタ・大陸斜面・大陸斜面基部（continental rise）上の堆積物と考えられる地層があり（MITCHELL & others, 1970)，これは上記の如く二畳紀石灰岩に移り変わり，半島部ビルマやカンチャナブリ西の Mergui 統やラブリ西のカンクラチャン層もこの岩相に属する様であることは上にも少しくふれた（BUNOPAS, 1976)。

上部石炭系一二畳系の連続する地層は石灰質堆積物が優勢で，全国にわたり広く分布し突兀（トッコツ）たる異様の地形を示すことが多い。これはラブリ石灰岩（層群）と一般によばれ淡灰色の石灰岩であることが多く，砕屑岩や火山岩起源の堆積物を伴う。石灰岩は褶曲および再結晶を示すこともあるが，一般にはこれより古い地層に比べれば何れも軽度である。その変形機構について最近研究の公表されたものがある（DAWSON, 1978a, 1978c)。

g） 二畳系

模式地ともいうべきラブリでは二畳紀の化石をふくむ石灰岩が石炭紀層上に軽度の不整合をもってのり，以前は中生代のものと思われた二畳紀の赤色層がこの石灰岩の浸蝕面上にのる。前述の如く半島部タイでは以前は中生代のものとされた広域のかなり厚い砂岩頁岩の地層が二つの二畳紀の淡色石灰岩間に挟まれていて，二畳紀のものとされるに至った。

北タイのラムパン地方では二畳紀層は主に陸棚堆積物で石灰岩・頁岩・砂岩・凝灰岩・集塊岩よりな

り，火山岩類は下部にのみみられる。北タイでは初期二畳紀―中期石炭紀の石灰岩があるがこれは例外的で，タイ西縁や半島部では石灰岩は二畳紀前半後期に始まる。

ラブリ層群の地層は化石に頗るとみ，紡錘虫類，腕足類，蘚虫類があり日本人古生物専門家その他により数多くの研究がなされ，紡錘虫による対比が広域にわたり有用であった (THANASUTHIPITAK & others, 1978)。タイやマレーシヤのこの種石灰岩の紡垂虫238種の研究によれば石炭紀中期，さらに恐らく後期の初めにあってはこれら紡錘虫動物群は東部テエチス海のものより西部テエチスのものに関係が深く，北極海的分子は中期石炭紀から初期二畳紀の初めに限られ，テエチス海圏が北極海圏から分れたのは初期二畳紀の初めより前ではなかったことを示す。この地域の紡錘虫動物群は初期二畳紀の中頃から後期二畳紀にかけては東部テエチス分子の方に強い古生物地理学的類似性をもっていた (TORIYAMA & others, 1978)。植物化石についていえば，この国からは後期志留紀，泥盆紀，石炭紀の植物の報ぜられたものがなく，最古のものとしてしられるのは初期二畳紀のものである。上部二畳紀層の植物は北東タイの南西隅に近くしられ Cathaysia 植物群のものである。

南北に連なるタイの中央帯では二畳系は礁成，浅海成あるいは深海成で，西帯や東帯と異なり全期間を通じ不安定で火山活動がよくみられた。ここに東帯とするものは，コラアト台地の西縁部からラオス，カムボジャにのびるもので，石灰岩の厚層がみられ，また西帯・中央帯とは異なり，所によって頁岩・砂岩の方が石灰岩層より卓越，Cathaysia 植物群に普通のものを含む。泥盆・石炭紀から連続した堆積をなし，中央帯に比べれば火山岩類は少なく，二畳系下部・中部のものが大部分で，上部二畳系は砕屑物の方が石灰岩より勝る限られた地域にのみしられる。

IV. 中生界

a) 三畳系

北部タイにおける三畳系についてはこの国の地質技師他により詳細な層序がたてられていてこれはこの国としては例外的なことである。全国の三畳系の化石については日本その他の古生物専門家の研究がある。

この国で三畳系のしられているのは次の五つの地域で，二畳紀の地層と整合の場合は少なく，一般には不整合関係にあり，北部では火山岩類上にのる。

1) 北タイ中央部：プレイ，ナン，ラムパン，チェンライ，タアク等
2) 北タイ西部：メエホンソンよりメエソットにいたる間
3) タイ西縁：カンチャナブリ
4) 南タイ：ソンクラ地域
5) 北東タイ：ペンチャブン，ルウイ地域

1) の三畳紀層は当国としてはよく調べられ詳しい記載があること上述の通りである (PIYASIN, 1975)。層厚3,000m 前後の砂岩，泥岩，礫岩，石灰岩，凝灰質砂岩，硬砂岩の地層が各種化石とともに報ぜられた。化石は最下部，中一上部三畳紀層を示し，上部二畳系から最上部三畳系にいたるまで殆んど完全な地層がしられている。タァク付近では三畳紀層は下部二畳系の石灰岩上に不整合をもってのる。

3) の地域では三畳紀は上部のもののみしられ，これがジュラ紀層につづいている。

4) の南タイは当大学が1978年初頭，三畳紀層研究班を組織し，9日間の短期間の外業ではあったがかなりの予察的成果があがり，今迄は転石からのみしられていたこの紀を示す化石の新しい産地を含む地質状況を明らかにした (GRANT-MACKIE & others, 1978)。その結果，これ迄 (DMR, 1969) 三畳紀とされていた地域についても更に多くの検討を要し，また二畳紀とされていた一カ所が三畳―ジュラ紀に属すべきことなども明らかとなった。

5) 北東タイのコラアト台地西縁部北半には上部三畳紀層がしられ，泥岩，砂岩，泥質石灰岩よりなり，ジュラ―白亜紀のコラアト層群の赤色岩層下にあり，海成上部三畳紀層から陸成ジュラ紀層への漸移

層を示し，北タイ中央部のラムパン，チェンライ地区や北タイ西部のメエソット地区のものに類似する。ただしラムパンのものは沖合の地向斜相のものであるのに対し，コラアト台地西縁のものは，主として造山作用のあとの静かな湖成のものと考えられる（CHONGLAKMANI & other, 1978)。

b）ジュラ系および白亜系

この国の一つの顕著な地質区をなす北東タイ即ちコラアト台地は，主としてこの時期の生成物におおわれ，その延長は北，東，南にのびてラオス，カムボヂャ両国におよぶ。更にこの時代の地層とされるものが半島部タイにも広く示されていたが（DMR, 1969)，これは二畳紀のものとして改められたこと前述の通りである。

コラアト台地を主な分布地とするものは礫岩，赤色泥岩，砂岩，泥岩の厚層で，厚さ約2,500m，下部ジュラ紀層から中部白亜紀層におよぶ。地層は水平に近く位置し，露出のよい所が各所にあり，又コラアト台地にほられた多くの水井戸や塩類探査井の資料もあって，この国としては珍しく多くの層序学的記載が行なわれてきた。

コラアト台地内外の陸成赤色岩層は多くの調査者により色々と名づけられているが，簡単にいえば下から上に

1）灰色諸層，2）下部赤色諸層，3）中部砂岩層，4）上部赤色諸層とよべばよい（BUNOPAS, 1976)。

1）は灰色頁岩砂岩泥質石灰岩で下部赤色諸層に移る。

2）は赤色頁岩泥岩，成層ならびに塊状砂岩および層間礫岩。

3）は下部の浸蝕につよい砂岩と上部のこれも浸蝕につよい砂岩とで間に中間層がある。上下の砂岩は白色，斜層，珪質砂岩，花崗質岩のくり返しで頁岩若干を挟む。中間層の岩相は 2）に酷似する。

4）は 3）の上部の浸蝕につよい砂岩層より上の全層をいい，岩塩を含む層もこれに入る。

中生代の赤色諸層の完全なものはコラアト台地，特にその北西部にみられる。この他タイ中央部南東縁のカムボヂャ国境に近いコラアトからその国境にかけて完全な中生代赤色諸岩がしられてはいるが，タイ国西側には 2）の下部赤色諸層と 3）の中部砂岩層とが火山岩複合体上にのるのがしられるのみである。

南部の半島部では 2）の下部赤色諸層とされていたものが二畳紀層とされるに至ったが，チュムポン東部の化石はジュラ紀のものとされ，又1978年の当大学の調査によりナコンシタマラアト南東約50km のこれも二畳紀のものとされた地層は上部三畳紀層から下部白亜系に属しコラアト台地の 3）の中部砂岩層，マレイシヤの Gagau group の Lotong sandstone に類似すると考えられている（GRANT-MACKIE & others, 1978)。

1976年，コラアト台地中央部の上部ジュラ紀層から恐龍の左の大腿骨の一部が発見された（INGAVAT & other, 1978)。

V．新生界

a）第三系

この国の第三紀層は殆んど湖成並びに河成の炭質頁岩，砂岩，泥灰岩，淡水成石灰岩，褐炭，含油頁岩からなり，シャム湾底のものを除けば何れも延長数十 km 以下の孤立した堆積盆地をなす。北部タイでは第三紀層は低地，盆地をしめ，古期諸層の一般的な層向に従って南北方向に延長し，最大層厚は知られる限り 3,000m をこす。南部の半島部でも第三紀堆積盆地は孤立し小規模なもので，含化石海成石灰岩，泥灰岩，挟在する砂質頁岩，石炭，炭質頁岩よりなる。しかしシャム湾底のものは最大延長300km 余に及ぶ地溝状盆地が多数南北方向に並列し，その厚さは 4 km をこすものがあり，近年の海底ボーリングの結果商業的天然ガスの存在がしられるに至った。バンコックを含む中央平原下の新生界はこの湾のそれの北方延長と思われる。北東タイのコラアト台地にある含岩塩層は上部白亜系から第三紀層に及ぶものかもしれないとされる。

北部タイの第三紀層からの化石，主として植物の葉からしてその時代は漸新世から鮮新世に及ぶことが
しられている。前者は北の二つの盆地にしられるのみであるが，後者は南北の二つの褐炭田メエモオとク
ラビにしられている。哺乳類，亀，魚，昆虫，淡水産腹足類，珪藻，花粉胞子が各所にみつかっている。
南北各盆地の堆積物は似たものが多いが，露出が限られ鍵となる化石がないため対比は困難である
(BUNOPAS, 1976)。

シャム湾底下の第三紀層は坑井からの試料の花粉分析によれば，漸新世から現世に及ぶ沿岸一亜沿岸
のもので，砂岩泥岩に石炭層を挾み，更新世，現世のものは粘土，シルト状粘土，砂である。全域にわた
り上部中新統下に不整合がしられる。堆積状況からみて第三紀の間にこの湾の堆積盆地ではゆっくりと沈
んでいったものと考えられる (BUNOPAS, 1976)。

バンコックを含む中央平原下は物理探査の結果からみると基盤岩は火成岩，変成岩，水成岩からなり，
地形的高低があり，断層，撓曲にとみ，その表面はチャオフラヤ河（日本人のいうメナム河）および南の
シャム湾に向かって傾斜する。中央平原全体としてみれば幅の広い構造的沈降帯で，厚さ2,000m に及ぶ
新しい堆積物で埋められていて，海岸は付近では第三紀中期以降シャム湾のそれと同時期に堆積したもの
であろう (BUNOPAS, 1976)。

b) 第四系

この国の第四紀層は北から南まで広い範囲に分布する。最も大きい分布は中央平原にみられ，ナコンサ
ワン付近を境に二つの盆地に分ちうる。この他では北部にあっては南北方向に山間平野として現在の河川
にそって分布し，北東部のコラアト台地ではメコン河南岸と同河にそそぐ少数の支流にそって狭長な分布
を示す。南の半島部にあってはシャム湾とインド洋とに面した海岸平野の堆積物が広い面積をしめ内陸部
の河川沿岸のものは小さい。この内ソンクラ大潟を含む地域は南北の延長300km に近い。

この国の第四紀層の層序調査は1967年漸く始められ，これはチャオフラヤ河沿岸とメエクロン河にそっ
たものであった。その結果，7地区にわたり第四紀層は，更新世のものは下，中，上の三部に，現世のも
のは一単位にわけられ，化石についての成果未了のため精確な対比は不能であるが，堆積中断時にできた
浸蝕面に主として基いて対比が行なわれた。バンコック平原は南東アジア地域で完全な第三紀第四紀の層
序を示す可能性の最も大きな地域であり，この国の鉱産地質にとり新生代堆積物の研究は極めて重要であ
るから，まず層序確立から始めるべきであるとしている (ALEKSEEV & TAKAYA, 1967)。

この研究の後若干の第四紀の研究がこの国の地質技師等により行なわれた (BUNOPAS, 1976)。

参考・引用文献

ALEKSEEV, M. N. & TAKAYA, Y. (1967) : An outline of the upper Cenozoic deposits in the Chao Phraya basin, central Thailand. *Southeast Asian Studies*, **5**(2), 106-124.

BUNOPAS, Sangad (1976) : On the stratigraphic succession in Thailand—a preliminary summary. *Jour. Geol. Soc. Thailand*, **2**(1-2), 31-58.

BURTON, C. K. (1978) : The Matsi formation (Permian) of peninsular Thailand. *Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*, 33-41.

CAMPBELL, K. V. (1973) : Basement complex (review). *Proceedings of the Conference on the Geology of Thailand, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, Thailand.*

CHONGLAKMANI, C. & SATTAYARAK, N. (1978) : Stratigraphy of the Huai Hin Lat formation (upper Triassic) in northeastern Thailand. *Proc. Third Reg. Conf. on Geol. & Min. Res. of Southeast Asia*, 739-762.

DAWSON, Orapin T. (1978a) : Depositional and diagenetic fabrics of Permian limestone from Saraburi, central Thailand, *Proc. Third Reg. Conf. Geol. Miner. Res. Southeast Asia*, 47-60.

DAWSON, Orapin T. (1978b) : A Permian Aulacocerid from Saraburi, central Thailand. *Proc. Third Reg. Conf. Geol. Miner. Res. Southeast Asia*, 61–68.

DAWSON, Orapin T. (1978c) : Note on deformation fabrics of the Permian limestone from central Thailand. *Jour. Geol. Soc. Thailand*, 3(1), SP 3, 1-14.

DHEERADILOK, Pisit (1973) : Precambrian rocks of Thailand in general (abstract). *Proceedings of the Conference on the Geology of Thailand, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, Thailand.*

DMR (Department of Mineral Resources, Thailand) (1969) : Geological Map of Thailand, scale 1 : 1,000,000.

GARSON, M. S., and others (1975) : The geology of the tin belt in peninsular Thailand around Phunket, Phangnga and Takua Pa. *Overseas Mem. Inst. Geol. Sci.*, No. 1, 112p.

GRANT—MACKIE, J. A., SAWATA, H., ARPORNSUWAN, S., ARRYKUL, S., CHUTATIS, V., PLUNGRASSAMI, T. (1978) : Triassic strata of southern Thailand, *paper pres, to Third Reg. Conf. Geol. Min. Res. Southeast Asia, Bangkok.*

IGO, Hisayoshi (1973) : Lower Carboniferous conodonts from Ko Yo, Songkla, peninsular Thailand. *Geol, Pal. Southeast Asia*, **XII**, 29–42, University of Tokyo Press, Tokyo.

INGAVAT, Rucha & TAQUET, Philippe. (1978) : First discovery of Dinosaur remain in Thailand. *Jour. Geol. Soc. Thailand*, 3(1), SP 1, 1–6.

MITCHEL A. H. G. and others (1970) : The Phuket group, peninsular Thailand: a Palaeozoic? geosynclinal deposit. *Geol. Mag.* **107**(5), 411–428.

PIYASIN, S. (1975) : Review of the Lampang group. *Proc. Conf. Geol. Thailand, Chiang Mai-1973*, 101–107.

SAWATA, Hideho, ARPORNSUWAN, Supaporn, PISUTHA-ARNOND, Visut (1975) : Note on geology of Khao Phra, Phetchaburi, West Thailand. *Jour. Geol. Soc. Thailand*, 1(1–2), 31–49.

STAUFFER, P. H. & SNELLING, N. J. (1977) : A Precambrian trondhjemite boulder in Palaeozoic mudstones of NW Malaya. *Geol. Mag.* **114**(6), 479–482.

TORIYAMA R., SATO, T., HAMADA, T., IGO, H. (1964) : Stratigraphy of peninsular Thailand. *Report on the stratigraphical and palaeontological reconnaissance in Thailand and Malaysia 1963–1964* : O.T.C.A., Tokyo.

TORIYAMA, Ryuzo & others (1978) : The palaeogeographic characteristics of Fusuline faunas of the Rat Buri group in Thailand and its equivalent in Malaysia. *Proc. Third Reg. Conf. Geol. Miner. Res. Southeast Asia*, 107–111.

WORKMAN, D. R. (1977) : Geology of Laos, Cambodia, South Vietnam and the eastern part of Thailand, *Overseas Geol. & Miner. Resour.*, no. 50.

(1978年12月31日受理)

地学雑誌 88, 3 (1979)

海進・海退と海面変化

松 本 達 郎*

Transgression-Regression and Eustasy

Tatsuro MATSUMOTO

Abstract

The relationship of transgression-regression with eustasy is examined in this paper on examples of the stable areas in the Cretaceous period. The factual data can be summarized in a diagram (Fig. 1). The scale of major transgression seems to have been enlarged from the Neocomian, through the Aptian-Albian, to the Late Cretaceous ones and the post-Cretaceous (i.e. Palaeocene) regression was of a global scale.

Minor cycles of transgression-regression were not necessarily synchronous between separated areas. Some of them were, however, synchronous or nearly so especially between the areas facing the same oceanic basin.

Eustasy alone was not the cause of the phenomena of transgressions and regressions. Certain kinds of tectonic movements which affected even the stable areas were also responsible for the phenomena. The combined effects of both causes may have been remarkable in the Cretaceous examples.

It is tentatively suggested that the sea-level gradually uprised during the Cretaceous period by the combined effects of active upheaval of oceanic rises, volcanic effusion, appearance and development of orogenic mountains from geosynclinal belts, increasing sedimentary deposition due to intense erosion of uprising mountains, etc. In short, global activity may have been responsible for the Cretaceous major transgressions. The pause of this activity, followed by isostatic adjustment in certain parts of continents and that of oceanic areas may have been the cause for the Palaeocene global regression.

I. 序 論

海進・海退は層序学における基本的な概念の1つであり，この概念の導入により，雑多に見える各地各様の層序学的記録が，整然とまとまり，また異地区間の対比にも役立つということで，活用され，ひろめられて来た。

ところで，海進・海退は，地質時代における，陸地に対しての相対的の海水面の高さの変化により起こる現象である。用語の語源的意義は，あたかも陸地は不動で，海水面の方が上がったり下がったりして，海進・海退が起こるかの如き意味に，原語でも和訳でもなっている。仮に海水面が不動で，堆積盆地の沈降量が変化したり，上昇したりしても，同様の現象が起こるわけである。つまり地域的あるいは局部的の構造運動によっても，"見掛けの海進・海退"は起こるわけである。

---

* 九州大学理学部地質学教室気付 c/o Dept. of Geology, Kyushu University

しかしながら，層序的の記録を集約して，地史をまとめてみると，汎世界的な規模の大海進・大海退があった時期があることや，海進・海退の周期が，かなり規則正しく認められることも事実であって，これを説明するのに"見掛け"でない真の海面変化（eustatic sea-level change）を有力な原因と考える解釈が出てくる。

第四紀の実例のように，気候変化による大氷河の溶解と形成が直接原因で，海水の絶対量が増減した場合には，ユースタチックな海面変化があったことは明確であろう。こうした特殊な原因は別として，一般の地史において，ユースタチックな海面変化があったかどうか，またその原因は何であったかは，地球史の興味ある課題である。

これを究明する方法はいろいろあるかと思うが，ここには，おもに層序学的の方法で攻究を試みる。

大規模な海進・海退の例は地質時代の各紀にあるが，白亜紀ならびにその直後のは，典型的な例の１つである。この時期に関しては海底の資料もある。自分の研究歴からいっても，白亜系の層序は具体的に扱うのに好適である。従ってここには白亜紀の事例を中心に検討する。但し従来もこの問題をとりあげたことがある（松本，1967；MATSUMOTO, 1977b）ので，それを引き継ぎながら，新しい考察を加えることとする。今回は，以前には資料が不足のため考察が粗雑であった部分を，最近の知識により再検討することにも留意した。

大規模な海進・海退の記録は，いわゆる安定大陸（楯状地～卓状地）における地層の分布，基底部との関係，垂直ならびに水平的の堆積相の変化，含有化石で代表される古生物群の変化などから，最もよく読みとられるので，まずこれに重点を置き，相離れた安定大陸地域間の記録の対比を通じて，汎世界的規模の現象を読む取ろうという企てである。そして，これと，もう１つの安定地域たる大洋底の記録との対比も試みたい。

ここで注意すべきは，安定大陸という用語であるが，これは造山帯あるいは変動帯に比較すると構造的に安定だったということであって，絶対的に安定（すなわち不動の大地）を必ずしも意味しない。従って海面変化との関係を読み取るには，変動帯よりは適しているが，なおそれ自身ある種の地殻変動を受けていたかもしれないことである。この点を考慮に入れながら，具体的な検討を行ないたい。

本章では，具体的検討をへた資料をもとに，さらに他の事象との関連にも考慮を払って，総括的な論議を試みる。もちろんこれは試論であって，今後の研究発展のためのたたき台となれば幸と考え，大方の御教示・御高評を仰ぎたく，お願いする次第である。

II. 各地資料の検討

以前に各地の資料を検討した（松本，1967）ので，それとの重複はなるべく避けて，最新の文献を加え検討結果の要約を記す。

1. 北米内陸地域

この地域の白亜紀は世界の中でも最もよく研究されているといえる。CALDWELL (ed.) (1975) の論文集には，最近の知見が盛られているし，1977年の North American Paleontological Convention の巡検案内書（KAUFFMAN ed., 1977）にも端的に特徴が記されているとともに，最近の詳細な化石帯層序とそれによる対比，ならびに同位体年代との対応（OBRADOVICH & COBBAN, 1975等に負う）が示されている。

海進の広がった時期には，メキシコ湾岸から北極海まで，南北に浅海域が及ぶが，これはコルジレラ変動帯にほぼ平行であり，かつコルジレラの上昇山地から供給された砕屑性堆積物が西寄りの地帯に著しくかつ厚く，東方楯状地に近づくと地層も薄く，細粒である。すなわち変動帯の動きに規制されたことは明らかである。また等厚図（isopach）を全域的にまとめたものは COOK & BALLY (1975) の図集にあり，REESIDE (1944) がかつてまとめ，今でも信頼されている図や，セノニアンに相当するモンタナ層群だけではあるが，詳細な資料に基づく GILL & COBBAN (1973) の研究成果から知られるように，同

じく西部地帯の中でも，各階を通じて地層の厚く堆積した地域とそうでない地域とが識別され，合衆国の範囲で厚い所が2区域約1000km 距たって認められる。これは堆積の荷重によるアイソスタシー的な沈降なのか，構造的な意味を持つのかは，必ずしも究められていない。

基盤の沈降についての上記のような不均一はあるが，層序と相の縦・横の変化は詳細に究められ，その結果として，堆積サイクルならびに海進・海退の記録が読み取られている。全般的にいって，下部白亜紀のアルビアンから始まって，上部白亜紀にわたり海域は広く，この大きいサイクルの終末は古第三紀暁新世にまで達する。この大サイクルの中に少なくとも6つの海進・海退のサイクルが，先述の堆積相の縦横の変化などから認定されている。KAUFFMAN(1973，1977) によると，6つのサイクルの中で4つが海進の広い期間（約40m.y.）のもので，それぞれの海進最大期〔氾濫期〕は，(1) アルビアン中期，(2) セノマニアン末期～チューロニアン初期，(3) コニアシアン末期～サントニアン初期，(4) カンパニアン中期であるという。この場合に言われているような詳細な時期については，西欧のいわゆる標準層序との国際対比の問題がつきまとうわけで，吟味を要するが，KAUFFMAN 自身は，これらの海進期は世界的に認められ，従ってこの場合の海進・海退は主としてユースタチックな海面変化によると予察している。彼の1973，77の言明はともに結論だけの略述だが，第1図中には，それを参考にしながらも，私自身が米国の諸研究資料に基づいて導いた周期（松本，1967のと大差なし）を図示する。

先に指摘したように，北米内陸地域の白亜紀の海域が，コルジレラと平行した内陸側の非対称形の堆積地帯であることを考えると，この地域の堆積サイクルが，コルジレラにおける変動と全然無関係で，ユースタチックの海面変化だけによるとするのは理解しにくい。例えば，EVERDEN & KISTLER (1970) は，もっと大きい時間尺度においてではあるが，コルジレラにおける中生代花崗岩底盤の貫入の周期と内側の陸棚における海進・海退の大きい周期との対応を指摘している。但し，もしも造構造運動がユースタチックの海面変化の原因で両者が同時なら，両論とも正しいことになるが，これは話がうますぎる。

同じく北米内陸地域のカナダの部分については，JELETZKY (1977，78) が詳細に吟味したように，上部白亜系が1つの大きい海進・海退のサイクルを代表する点は合衆国と同様だが，その中の詳細なサイクルは同一でない。また同じカナダ内でも，南半の地帯（すなわちコルジレラ中の Columbian 造山帯の内側）と，アラスカ寄りの地区とでは，詳細なサイクルの数でも，海進最大期の時期においても，相互は必ずしも一致しない。わずかのずれと受けとられる場合もあるが，時には正反対のこともある。JELETZKY は，海進・海退の現象は，海水面の汎世界的変化よりも地区ごとの構造的影響の方が強く表われたものと強調している。なお私が以前にも注意したが，カナダのアラスカ寄りの地区では，北方区 (Boreal) フォーナを伴うネオコミアンの海進が著しく，ベリアシアンとバレミアンに氾濫期をもつ少なくとも2回（所によって途中にもう1回）の周期が認められている。

2. 北米湾岸・大西洋岸地域

この地域に関しては，松本（1967）の要約に大きい変更がない。大陸棚地域の海底下の最近の資料を加えるべきだが，私には情報が入らない。海進を知る為には陸寄りの資料の方が決め手になると思う。海進・海退の地史は概観的には西欧と似るが，くわしい時期は1亜期程度のずれがある。

3. ヨーロッパ北西部

英・仏・独などの諸国を含む，白亜系のいわゆる標準地域であるから，研究は詳しく行なわれている。しかし，IUGS の白亜系層位学委員会で取り上げられているように，各階の定義の再吟味が最近行なわれており，また堆積盆地の認定や古地理区分の仕方が，北海における最近の海底調査（WOODLAND, ed., 1975）により，従来と変わってきたといった事情がある。

この地域の北東にはバルト楯状地があるが，大部分はカレドニア・バリスの古生代造山帯が中生界の基盤を構成しており，南側にはアルプス造山帯があるから，安定度は1に比べて弱い。いくつかの堆積盆地が識別され，その間に時により半島・島・小陸塊として現われた構造的上昇地 (structural highs) が配列

している。おもな堆積盆地〔B.〕は，南西から北東に約800(±100)km 間隔で，Wessex-Paris B., Anglo-Dutch B., Danish-Polish トラフがあり，後2者間のやや平坦部の中にさらに小さい North Sea Central Graben, Münster B., Lower Saxony B. が，認められるといった工合である。これらの堆積盆地ごとに，海進・海退の記録はどうなっているのか，それらは相互に対比され同時なのか，周期のずれや正逆反対はないのかといった点がヨーロッパ北西部の中で検討できるわけで，彼の地の専門家たちによる研究成果を期待する次第である。

大綱として，ネオコミアン，アプチアン〜アルビアン，上部白亜系の3つの大きいサイクルが，階段状に海域を広げながら認められ，とくにチョークの堆積で代表される上部白亜紀の海進は広大でかつ長期間にわたって続いたという事実は明らかに認められる。この大サイクルの終末は暁新世にまで及ぶわけで，Danish-Polish トラフにおけるダニアンのチョークがそれを記録している。

大きいサイクルの中のいくつかのサイクルの識別，それぞれの海進の極大あるいは海退期の認定は必ずしもたやすくない。最近チョークの中の層序と堆積学的研究が進み (例 HANCOCK, 1975)，古生物相その他の資料も総合的にとり入れて，いくつかの周期が認められるにいたった。第1図には HANCOCK (1975) の結論を引用して示した。彼によると，この周期は北米内陸地域の KAUFFMAN 認定のそれとよく呼応するという。くわしく吟味すると，最大氾濫期がカンパニアン中期よりはむしろ後期にあること，サントニアン・コニアシア境ころよりむしろサントニアン中頃にもう1つの氾濫期があることなどは，本当のずれなのか，対比の当否かなお疑問がある。セノマニアン末期 (*Sciponoceras gracile* 帯の時期) の広い海進が確実ならばこれは1，3間でよい一致を示す。

他方ネオコミアンが Wessex-Paris 盆地では Wealden の海退相で代表されているのに対し，北西側の堆積盆地では北方型フォーナを伴う海成層 (Speeton Clay で代表) が発達するといった正逆反するかの如く見える事実もある。但し，河成〜湖成層を主体とする Wealden はパリ盆地の半淡水相をへてフランス南東部の海成ネオコミアンに移化し，後者中の4回のサイクルに相当するサイクロテムが Wealden 中に認められていることは前回も述べた (松本，1967を見よ)。

4. ヨーロッパ北東部

ロシア卓状地の安定大陸は，北西にバルト楯状地，南にアルプス変動帯の延長があり，東にウラルの古生代変動帯があって，1と地質構造的状況はよく類似する。資料としては，NAIDIN (1959, 60, 69) と VERESHCHAGIN & RONOV (ed.) (1968) のように，よく要約されたものがある。それらによると，松本 (1967) にも記したように，この地域の中には，ソ連の学者が syneclise と呼んでいる堆積盆地がいくつか識別され，その間に anteclise (又は uplift) と呼ばれる structural highs が認別され，それぞれ600〜1000km の間隔で配列すること，盆地はカルパチアーコーカサス変動帯に近いもの程沈降量(堆積物の厚さ) が大きいことが特性である。相や厚さの変化，層序関係などから，古地理の変化や海進・海退の歴史がよく究められているが，それによると，大きいサイクルとしては，ジュラ紀末期のボルギアン (Volgian) に引き続くネオコミアンの海進と，アルビアン後期から始まり，上部白亜紀全般にわたり，ダニアンにまで及ぶ海進大サイクルがある。地域2，3で認められたようなアプチアン〜アルビアンの海進サイクルはなく，バレミアン・アプチアンは海退期となっている。

細かいオーダーでは，先述の堆積盆地ごとに記録はさまざまである。周期的な海進氾濫期として共通に認定 (但し例えばモスコー盆地のように地層の欠如が多い地区では，部分的にだけ認定) されているものは，上部白亜紀の場合，(1) セノマニアン (どちらかというとその前期)，(2) チューロニアン後期〜コニアシアン初期 (コニアシアン・サントニアン境頃の層序間隙は諸地区間に共通的に認められる)，(3) サントニアン (但し地変があり，古地理的状態が変わり，地区によってはカンパニアンが海進的に古い岩石にのる所もある)，(4) マストリヒチアン前期，(5) ダニアン (全般としては海退しているが，南部の堆積地域に認められる)。これらの大部分は，米国の内陸地域や北西欧のと一致しない。(2) は米国では海退期で

あり，ロシアの(2) (3) 間の海退期は米国では海進氾濫期という工合に正負反対の場合さえある。

5．西シベリアと中央アジア

4とはウラル山地を距ててシベリア西部の広大な平坦地がある。その南には中央アジアの平坦地があり，その中に3つの syneclises が含まれる。これらの地域における海進・海退史は BEZNOSOV et al. (*In* MOULLADE & NAIRN, 1978) に要約されている。それによると，西シベリア盆地はジュラ紀以降に形成され，海進はカロビアン以降にはじまり，北方区のフォーナで特色づけられる。周辺部には非海成層があるが，海退期にはこれが盆地内にも広がる。白亜紀の海進の周期は，(1) ベリアシアン～バランギニアン初期，(2) オーテリビアン，(3) アルビアン前期～中期，(4) チューロニアン，(5) サントニアン後期～カンパニアン (最も広く，ロシアや中央アジアの浅海域とも連なった)。概して上部白亜紀の方が海が広がっているが，白亜紀末には縮少し，ダニアンは海退期とされている。

中央アジアは地区により詳細は異なるが，南縁の Kopet-Dag 地帯には白亜系が完全な層序を示すという。下部白亜系の下半は石灰岩，上半（アプチアン以上）は砕屑岩がおもである。上部白亜系は下半（セノマニアン～下部チューロニアン）が砕屑岩勝ち，上半（上部チューロニアン～ダニアン）は石灰質堆積物が多いが，東方では陸源堆積物に移化する。海進の最大は VERESHCHAGEN & RONOV (ed.) (1968) の古地理図によると，カパニアン～マストリヒチアンにあるようであるが，小周期の詳細は私にはよくわからない。

6．西南アジア（中東）

地質学的には南半球のゴンドワナ超大陸がテチス海に面する重要な部分である。便宜上アラビア亜大陸といっておく。この地域の白亜系は油田構成の重要な地層であって，最近は諸企業で，地下・海底下をも含めて調査がさかんに行なわれ，資料は豊富であるに相違ないが，公開されたものが少なく，総括的知識を得るのに困難を感じていた。1960年代後期に U.S.G.S. Prof. Paper に Geology of the Arabian Peninsula の大題目の下に集約された報文集，時折 A.A.P.G. などに出る論文が入手できる文献資料だったが，最近出版されだしたこの地域関係の Lexique Stratigraphique Intern. の号（例えば SUGDEN & STRADRING, 1975）と SAINT-MARC (*In* MOULLADE & NAIRN, ed., 1978) によるこの地域の中生界の総括的記述は有益である。しかしこれらといえども化石による対比の詳細は必ずしも記されていないため，亜階程度の単位での地史の吟味には不十分である。もっともイスラエルとその近接地だけは，欧米並みの正確さで詳細が公表されている。1977年来日した LEWY 博士が投稿済論文の内容を教えて下さったのにはとくに感謝する。

アラビア亜大陸は先カンブリア界の基盤をもち，それは南西部に露出している。北東側には，中生代当時テチス海があったが，北西部（シナイ・イスラエル・レバノン等）と北東部の大部分は，浅海が海進・海退する広い陸棚であった。テチス海の大洋といえる構成の部分が白亜紀当時どの程度に狭くなっていったかの詳細は明らかでないが，現在の形としては，北東側にザグロス・オマーンなどの山系で代表される変動帯がある。そちらに向ってより沖合又はより深い相の地層がより厚く発達する傾向がある。この詳細は各階・各地区で異なる。広大なアラビア卓状地は白亜紀当時も全くの平坦地ではなく，中央アラビアのアーチと呼ぶ緩慢な上昇あるいは沈降量の少ない地区を境に北西部（レバノン－シナイ）と北東部（イラク－クウェート）の堆積地域（その間隔約1000km）に大別される。さらに南東のサウジアラビア東部からオマーンにいたる広大な陸棚内の詳細はよくわからないが，必ずしも均一に平坦安定ではなかったようである。

地区差はあるが，海進・海退の大きい動きは，上記の3地区の層序と相の変化から知ることができ，その大綱はカタル地区の資料 (SUGDEN & STRADRING, 1975) から推すと南東部にも適用できるようである。

アラビア亜大陸にはジュラ紀後期の海進が著しいが，この大サイクルの続きは所によってはネオコミア

前期に泛及ぶ。次にバレミアンからセノマニアン迄の大サイクルがある。その中で，小周期として，ア
チアン前期末と，アルビアンと，セノマニアンに海進氾濫がある。但しアルビアンのはイスラエルでは
・中期が海進，後期では海退に転ずるのに対し，中部アラビアでは末期に小海進がある。セノマニアン
海進は広いが，最大は初・中期又は中・後期である。セノマニアン・チューロニアン境ごろから地変
断裂，横すべり，傾動，撓曲）が始まり，上昇地・盆地の配列の変化があった。これはチューロニアン・
ニアシアン・サントニアン初期に泛及び，全体としてみればこの時期は海退的であるが，その中に地区
より小海進が認められる。例えばイスラエル及び近接地では，チューロニアン初期の浅い海進（その最
は初期の末期），一時海退してチューロニアン後期にもう1つの小海進，コニアシアンの小海進，コニア
アン末〜サントニアン初暁の海退と侵食といった記録がある。第3の大周期はサントニアン（所によっ
はカンパニアン）から始まりマストリヒチアンに最大となる海進である。そのあと急速に海退するが，
によりダニアンの小海進が認められる。

資料が欧米ほど完全ではないが，アラビア亜大陸にみる海進・海退の周期は1，2，3地域とは異なる
と，テチス海の北側に面する4の地域とはかなり類似すること，地域内の地変の影響が明らかに認めら
ることを知る。

7. アフリカ北部

アフリカ北部の卓状地は中生代のテチス海の南側にあり，白亜紀に浅海が及んだのはエジプト・リビ
・チュニジア及びアルジェリア諸国北半部である。シチリア島及び現在海底下の Pelagian shelf もこ
卓状地の一部とみなされている。地層の地表露出は限られた部分であり，地下の資料は一部だけが利用
きる。従って情報が乏しいが，NAIRN (*In* MOULLADE & NAIRN, 1978) の要約は有益である。

この地域も全くの平坦地ではなく，ジュラ紀末，ならびに白亜紀に入ってからの時折の地変により，お
に NE-SW に走る上昇地と盆地が配列し，また NNW-SSE のスエズ盆地は三畳紀以来の沈降帯であ
た。

卓状地の南半部にはいわゆる Nubian 砂岩などの陸成層が形成された。これも丘陵で隔てられたいくつ
の平坦地（湖沼を含む）や河川系の堆積物とされている。北半の浅海成層はおもに上部白亜系である。
ノマニアンは下位の諸層上をオーバーステップして広がるが，きわめて浅い海の石灰岩（150〜190m）
代表される。次第に浅海は広がり，その最大氾濫期はマストリヒチアンにある。場所によっては海進は
新世にまで及ぶ。

アフリカ北部の上部白亜系はごく浅海成で厚くない（上部白亜系全部で500m 又はそれ以下）所が多い
うだが，エジプト北部で知られるように1000〜1500m に達する部分もあった。以上は概括的の要約で，
区差の詳細は省く。

8. アフリカ東部及びマダガスカル

この地域も基盤は先カンブリア界から成るが，中生代の地質情況には特殊なものがある。すなわち，お
に前半に（一部では白亜紀にも及ぶ）陸成盆地堆積と基性火成岩の活動が特徴的であり，その一部にだ
時に海成層が挟在する。後半には海成層が多くなり，一部に陸成層が移化または挟在する。盆地形成と
成岩の噴出には断層運動が関係する。この運動と堆積とは同時的に行なわれていた。所で沖合海底も含
て，断層に沿う大規模な水平移動があったと考える学者と，大した変位はないとする学者とあり，決断
はなお証拠が不足である。後者の場合には，現在の位置としては沖合にあるソマリー盆地とナタル盆地
，中間のモザンビク海峡・マダガスカルの3地域が大別され，Seychelles の海台の東側やマダガスカル
東側を通る NNE-SSW の断裂が東アフリカの東限ということになる。現在東アフリカの海岸地域やマ
ガスカルの西側に分布する白亜系は，上記3地区の堆積区のほんの縁辺部のものといえる。

大観するとこの地域の中生界はジュラ紀から白亜紀に及ぶ堆積大サイクルを示す。その中にいくつかの
進・海退のサイクルが含まれる。キンメリジアンの最大海進のほか，白亜紀中のサイクルは地域によって

必ずしも同じでない。例えばソマリランドではバレミアンから始まり，アプチアンからアルビアンに広がる前期白亜紀のサイクルと後期白亜期のものと識別されるが，マダガスカルでは，(1) ネオコミアンからアプチアン初期にわたるサイクル（バランギニアンに海進最大），(2) アプチアン後期からチューロニアンにわたるもの（アルビアン〜セノマニアンに広がる），(3) コニアシアンのもの，(4) サントニアンからマストリヒチアンにわたるもの（カンパニアン初期が最大），(5) ダニアンという5サイクルが認められる（マダガスカルの資料は BESAIRIE & COLLIGNON, 1960 がよくまとまっている。地域ごとの詳しい層序は BESAIRIE & COLLIGNON, 1972にある)。

ナタル盆地の南アフリカ側周辺部については KENNEDY & KLINGER (1975) による新しい知見がある。マダガスカルと似た点もあるが，全く一致はしていない。例えばネオコミアンの大部分は陸成層で，バレミアン後期〜アプチアンから海進が始まることはマダガスカルと逆である。後期白亜紀のサイクルは似るが，セノマニアン末〜チューロニアンの大部分は海退期となっている。

9. アフリカ西部

西アフリカ海岸地帯には，海底部をも含めて白亜系が発達する。北大西洋南部に面するモロッコ南部の Tarfaya から Rio de Oro にわたる地帯と，南大西洋に面するセネガルからアンゴラにわたる地帯とは一応区別すべきであり，後者も Niger 河流域以西と以南を区別して考察すべきであるが，それにも拘らず概観的には共通して，下部白亜系の主部は厚い砕屑性堆積物（多くは陸成層）から成り，これはアフリカ西縁を形成する断層運動と深く関係する。アルビアンごろ（早い所ではアプチアン）から海進がはじまり，上部白亜系はおもに海成層である。この大きいサイクルの中に一進一退の中位のサイクルが含まれる。後者の詳細を地区別に吟味するのが好ましいが，資料が必ずしも十分でない。かなりよく研究され，また海進が内陸にまで及んだのはナイジェリア・カメルーン地域で，その要約は次のとおりである（おもに REYMENT et al., 1975による)。(1) アルビアン中期末から後期の初めにかけて氾濫期のある海進，(2) セノマニアン後期末から始まりチューロニアン前期に広がる海進（この時期に Benue 低地をへてニジェール・コンゴにまで海が侵入し，また北アフリカの浅海と南大西洋側浅海とが連絡し，テチス海要素のフォーナが移住した)，(3) コニアシアンの海進，(4) カンパニアン後期からマストリヒチアン初期にわたる広い海進（サントニアンにおける地変で Benue 低地の海域は閉じ，ニジェール河低地をへて，北アフリカの浅海と連絡)，(5) マストリヒチアン末から暁新世にわたる部分的の海進。

概観的には北アフリカと西アフリカとは類似するし，(4) (5) は共通的とみなすことができるが，(1) (2) (3) の周期についても一致していたか否かは疑問がある。北アフリカに隣接するアラビア亜大陸北西部では，この次元での海進・海退の時期は若干ずれている。例えば(2)，(3)に当たる時期は地域間の差が著しい。

10. ブラジル西岸

9とは南大西洋を距てて対峙している地域で，広い先カンブリア界の基盤をもつブラジリアでは，北東及び北西海岸地帯にだけ海成白亜系が知られる。平野の地下試料や大陸棚の海底試料もあるが，陸上の露出の資料が豊富なのは Sergipe-Alagoas 地区である。ここを中程に置いて，ほぼ750〜1000km の間隔で堆積区が配列しているのは興味がある。ネオコミアンは陸成層であり，アプチアンからパラリックの堆積が始まり，アルビアンから以降後期白亜紀にかけての海進の大きいサイクルがある。その中にいくつかの海進・海退のサイクルが含まれるが，それらの詳細が上記堆積区ごとに一致した周期を示すかどうかは，まだ必ずしもわかっていない。堆積区間には一種の地塁が想定されている所もあるので，断層運動の影響もあったはずである。

Sergipe 地区で究められた海進の周期は次のとおりである (REYMENT et al., 1975による)。(1) アルビアンの海進（その中期が最大とみなされている)，(1)〜(2) セノマニアンは海成層もあるが，ごく浅海成でかつ分布が不連続なので，全般的には海退期とみなされる，(2) チューロニアン〜コニアシアン前期

進 (Vascoceratids などを含む下部チューロニアンよりは *Benueites* で特徴づけられる"中部チューアン"の方が広がっているとみなされている。そして海成層は *Solgerites* を含む下部コニアシアン続くという), (2)～(3) コニアシアン中ごろ以降からサントニアンの大部分は海退期, (3) カンパニ～マストリヒチアンの海進 (サントニアン末期から開始), (4) ダニアンの小海進。
こで9の地域と比較した場合, 9における(2) と(3) とが10における(2) に一括されて対応していると, 前者の(2) の氾濫期と後者の(2) のそれとは一致せず, 後者ではおくれているのではないかとい問が生ずるが, 対比や層序の詳細についてはブラジル側にはなお研究の余地が残されている。

. オーストラリア

の地域は東部の古生代造山帯以外は大部分先カンブリア界の基盤から成る安定大陸である。所が, こ陸では, 他大陸と異なりアプチアン～アルビアン (日本のK３) に内陸に広がる大海進を中心に, そ下は陸成層という堆積の大きいサイクルがある。
積盆地 (現在の Great Artesin Basin に当たる部分) は大陸の中央部よりやや東にかたよってお その中に北から, Carpentaria B., Eromanga B., Surat B. などが分けられ, それらの間隔は, こた数100km である。海進は北から及んでおり, C. B. の方に沖合相が認めらる。
の地域の白亜系はマクロの化石に基づき DAY (1969), 微化石 (双鞭毛藻類と花粉・胞子) に基づき GAN (1977) が要約したものが有益である。それによると, 大きいサイクルの中に４つの海進・海退イクルが認められる。(1) ネオコミアンは大部分陸成層だが, 末期に部分的小海進, (2) アプチアンも広い海進, (3) アルビアン初期の海進, (4) アルビアン後期の海進がそれである。
ORGAN はこの海進・海退の原因を海面変化 (ユースタシー) に帰しているが, 他大陸の多くの場所進期たるアルビアン中期は, 当地域では(2) (3) 間の小海退であり, 後期白亜紀には他大陸では広くが及ぶのに対し, 当地域では陸成層が無堆積であり, 海成上部白亜系は豪州大陸の北西, 西, 南側の部 (Darwin B., Carnavan B., Perth B., Eucla B., Otway B.) に知られるが, あまり内陸部にはでいない。地下や海底下の試料もあるので, 各盆地ごとの海進・海退の地史とその対比は必ずしも明はない。第１図には代表的に西岸の Canarvon B. と Perth B. の層序から読みとられる海進・海退イクルを示した。

. インド亜大陸

地域に海成白亜系が分布する。その１は北西部のカッチ (Cutch) 地方で, 海成ジュラ系の発達で著が, その上位に南アフリカと類縁のフォーナをもつネオコミアン, さらに下部アプチアンがある。
の２はデカン高原下ナルマダ(Narmada)低地に散見する白亜系の諸層である。DASSARMA & SINHA 5) によると, 下部白亜系 (Nimar 砂岩) はおもに非海成で, 最上部に"*Ostrea* 層"が挟在する。白亜系 (Bagh Beds) は浅海成層で, セノマニアン～チューロニアンは石灰質砂岩～石灰岩, コニアンに *Ostrea* 層, それ以上に無化石のチャート質石灰岩 (非海成？) といった層序で１つの大きいサルが認められている。その海進最大期の詳細な時期がいつかは決めかねるし, 第３の地域との共通種ないことも注意すべきである。
の３は南東部のトリキノポリ (Trichinopoly) 地域で SASTRY et al. (1968) が要約しているが, そ見は前回 (松本, 1967) と大差ない。

III. 結びの試論

章に記述した世界のおもな安定地域 (正確にいうとその中の最もよく研究された地区) における海進・の地史を要約すると第１図が得られる。前回 (松本, 1967 ; MATSUMOTO, 1977) に比し知見の改正れられているとともに, 海進が面積的に広がった氾濫期を矢印で示した。この図及び前章の記述からすると次のことが指摘される。

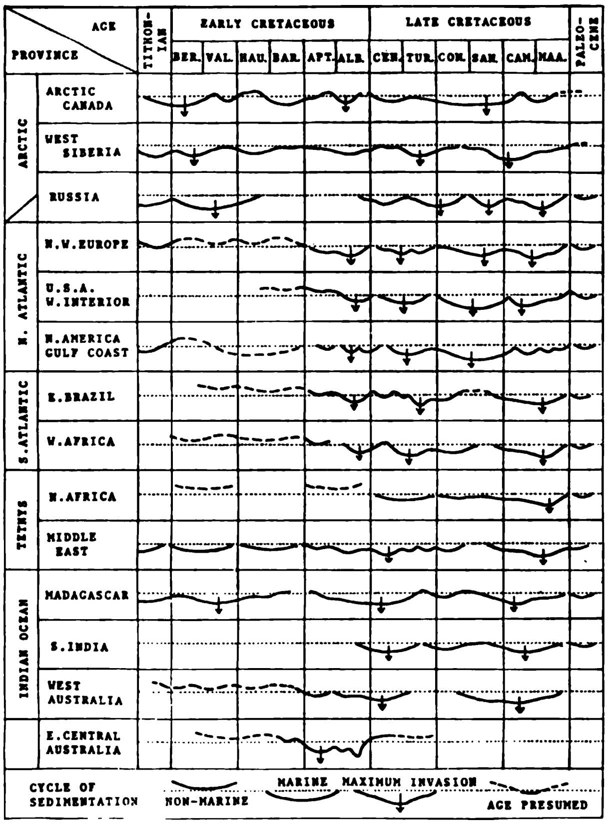


Fig. 1. Diagram showing cycles of transgression-regression during the Cretaceous period in some representative stable areas of the world.
(世界の代表的安定地域における白亜紀の海進・海退のサイクルを示す図)

(1) 世界全般を概観すると，白亜紀の海進はネオコミアンよりもアプト～アルビアン，さらに後期白亜紀と，後のものほど海進の規模が広くなっている。とくに後期白亜紀は，詳細は地[illegible]によって異なるが，どの安定大陸に[illegible]も海進が及んでいる。そして，白亜紀[illegible]には急速に海退し，暁新世のある時[illegible]には，世界的規模の大海退期がある[illegible]

(2) 海進・海退の大きいサイクル[illegible]白亜紀中に2回もしくは3回認めら[illegible]るが，同じ大洋に面した安定地域[illegible]は，およそ共通の大きいサイクルを[illegible]める。さらに場合によっては，その[illegible]の次元のサイクルの周期まで，少な[illegible]とも一部は時期的に一致または僅か[illegible]れているということもある。

(3) しかし一般的にはこの程度の小さいサイクルとなると，時期は一[illegible]ない。ある地区で海進氾濫期に他の地区では海退期ということさえ少な[illegible]い。これは対比を亜階又は化石帯のオーダーにまでさげて吟味した上でのことである。

(4) 従ってこのオーダーの海進・海退までも主因を海面変化（ユースタシー）に求めるのは妥当でない。

(5) 他方各安定地域の地質構造的特性をよく調べると，どの地域でも，その中に構造的高地と凹地とが（多くの場合数100～1000km の距たりで）配列しており，それらは近接する変動帯の方向や位置と無関係でない。堆積期間中の緩慢な曲隆曲凹運動の場合も，断層運動の場合もあるが，各地域固有の地殻運動にも，海進・海退の現象はかなり影響されているとみなければならない。

(6) しかし私は海面運動の影響を全然否定するものではない。海面運動と地域的構造運動と両者の合同の効果として，具体的の海進・海退の現象があらわれているとみたい。両者をいかに識別するかは容易でないが，具体的攻究を進めつつ，正確な対比をすれば，解明できないことではなかろう。

(7) 試論として，白亜紀には海面は漸次増大していったと考えてみたい。その原因は種々考えうるし，一部はすでに指摘されているが，大洋底ライズの生成発展による海底の広い部分の隆起，海底火山の噴出，隆起，火山性噴出による水の増加，変動帯における造山運動の進行（今まで海面下にあった地向斜に山系が生成）に伴う海域の縮少，山系からの侵食運搬による堆積物の海底下への埋積など，いずれも白亜紀が地殻変動的に活発なることと関連した原因で，海水面が上昇したのであろう。水の絶対量の増加は必ずしも大きくなくてよいと思う。この相対的の海面上昇が，グローバルなスケールでは漸次であったと思われるが，可能性としては周期性をもっていたかも知れない。先に挙げたどの現象にも周期性があるから，し

し諸現象が世界各地で同時に呼吸を合わせた周期を示したかは疑わしい。造山運動１つをとっても否でる（例えば MATSUMOTO, 1977a の論じた環太平洋地変の実例を見てもわかる)。このことからも，海・海退のかなり細かい周期（白亜紀中におよそ10もあるようなもの）までも，世界共通のユースタシー周期と読みとる学説は，話がうますぎて不自然である。

(8) 上記の試論だと，大海進は全世界的に地殻変動の活発な時にむしろ起こるということになる。これ一見非常識に見えるが，オルドビス～シルル紀にせよ石炭紀にせよ，大海進の時代は大きい地変のあっ時代であり，そのあとに世界的規模の海退が来ている。

(9) この大海退の原因は何か，これは難問だが，むしろ活発だった動きが鈍るか止まるかすることと関があるのではなかろうか。陸上ではアイソスタシーの均衡を回復するため上昇する所が多くなろう。大底下のマントルの動きが鈍くなるに伴い，海洋の底が以前より深くなり，必然的に海水は陸上から退くととなる。この事変は海洋底堆積物の層序に何らかの形で記録されているにちがいない。RONA (1973)よると世界的規模で暁新世に大洋底堆積物に一種の不連続が認められるということで，これを上記のよな見地から考察してみては如何であろうか。

以上の試論は，部分的には HALLAM (1963, 1969) や JOHNSON (1971) の所論と似るが，正反対の分もあり，一応私自身の長い間の疑問に対する現時点での１つの解答である。

海進・海退という表層地質的な現象は，詰りは地殻下内部物質の動きや変化の直接・間接的な反映でというということになる。その方面の専門家と提携して今後の研究を進めるべきであろう。

引用文献

BESAIRIE, H. and COLLIGNON, M. (1960) : Madagascar (Supplément). *Lexique Stratigr. Intern.*, **4**, Afrique, fasc. 11, Paris.

BESAIRIE, H. and COLLIGNON, M. (1972) : Géologie de Madagascar. I. Les terrains sédimentaires. *Ann. Géol. Madagascar*, **35**, 463p.

CALDWELL, W. G. E. (ed.) (1975) : Cretaceous System in the Western Interior of North America. *Geol. Assoc. Canada Spec. Pap.* **13**.

COOK, T. D. and BALLY, A. W. (ed.) (1975) : Stratigraphic Atlas of North and Central America. Princeton Univ. Press.

DAY, R. W. (1969) : The Lower Cretaceous of the Great Artesian basin. *In* CAMPBELL, K. S. W. (ed.): Stratigraphy and Palaeontology. Essays in Honour of Dorothy HILL, Aust. Natn. Univ. Press, Canberra, 140–173.

DESSARMA, D. C. and SINHA, N. K. (1975) : Marine Cretaceous formations of Narmada valley (Bagh Beds), Madhya Pradesh and Gujarat. *Palaeont. Indica*, [N.S.], **42**, 1–106, 12 pls.

EVERNDEN, J. F. and KISTLER, R. W. (1970) : Chronology of emplacement of Mesozoic batholithic complexes in California and western Nevada. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* **623**, 42p.

GILL, J. R. and COBBAN, W. A. (1973) : Stratigraphy and geologic history of the Montana Group and equivalent rocks, Montana, Wyoming, and North and South Dakota. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* **776**, 1–37.

HANCOCK, J. M. (1975) : Petrology of the Chalk. *Proc. Geol. Assoc.*, **86**, 499–535.

HALLAM, A. (1963) : Major epirogene and eustatic changes since the Cretaceous and their possible relationship to crustal structure. *Amer. Jour. Sci.*, **261**, 397–423.

HALLAM, A. (1969) : Tectonism and eustasy in the Jurassic. *Earth Sci Rev.*, **5**, 45–68.

JELETZKY, J. A. (1977) : Causes of Cretaceous oscillations of sea level in Western and Arctic Canada and some general geotectonic implications. *Palaeont. Soc. Japan Spec. Pap.*, **21**, 233–246.

JELETZKY, J. A. (1978) : Causes of Cretaceous oscillations of sea level in Western and Arctic

Canada and some general geotectonic implications. *Geol. Surv. Canada, Paper* 77-18. 1-4 〔JELETZKY (1977) よりも詳述〕.

JOHNSON, J. G. (1971) : Timing and coordination of orogenic, epeirogenic, and eustati events. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 82, 3263-3298.

KAUFFMAN, E. G. (1973) : Stratigraphic evidence for Cretaceous eustatic changes. 1973 *Am Meeting Geol. Soc. Amer.*, p. 687.

KAUFFMAN, E. G. (ed.) (1977) : Cretaceous facies, faunas, and paleoenvironments across th Western Interior Basin. Field Guide: North American Paleontological Convention I *Mountain Geologist*, 14(3-4), 75-274.

KENNEDY, W. J. and KLINGER, H. C. (1975) : Cretaceous faunas from Zululand and Nata South Africa. Introduction, stratigraphy. *Bull. Brit. Mus. (N. H.), Geol.*, 25(4), 265-315

松本達郎(1967) : 白亜紀海侵の本質について. 佐々保雄教授還暦記念論文集, 札幌, 39-55.

MATSUMOTO, T. (1977a) : Timing of geological events in the circum-Pacific region. *Canad Jour. Earth Sci.*, 14, 551-561.

MATSUMOTO, T. (1977b) : On the so-called Cretaceous transgressions. *Palaeont. Soc. Japa Spec. Pap.*, 21, 75-84.

MORGAN, R. (1977) : New Dinoflagellate zones and a depositional model for the Grea Australian Basin. *Geol. Surv. New South Wales, Quart. Notes*, 28, 10-18.

MOULLADE, M. and NAIRN, A. E. M. (ed.) (1978) : *The Phanerozoic Geology of the Worl II The Mesozoic*, A. Elsevier, Amsterdam, 529p.

NAIDIN, D. P. (1959) : On the paleogeography of the Russian platform during the Uppe Cretaceous epoch. *Stockh. Contr. Geol.*, 3(6), 127-138.

NAIDIN, D. P. (1960) : The stratigraphy of the Upper Cretaceous of the Russian platform *Stockh. Contr. Geol.*, 6(4), 39-61.

NAIDIN, D. P. (1969) : Biostratigraphie und Paläogeographie der Oberen Kreide der Russi schen Tafel. *Geol. Jb.*, 87, 157-186.

OBRADOVICH, J. D. and COBBAN, W. A. (1975) : A time-scale for the Late Cretaceous o the Western Interior of North America. *Geol. Assoc. Canada Spec. Pap.*, 13, 31-54.

REESIDE, J. B. (1944) : Map showing thickness and general character of the Cretaceous de posits in the Western Interior of the United States. *U. S. Geol. Surv. Oil & Gas Inves Map* OM-10.

REYMENT, R. A., BENGTSON, P. and TAIT, E. A. (1975) : Cretaceous transgressions i Nigeria and Sergipe-Alagoas (Brazil). *Intern. Symp. Continental Margins Atlantic Typ São Paulo*, 28p.

RONA, P. A. (1973) : Worldwide unconformities in marine sediments related to eustati changes of sea level. *Nature Physic. Sci.*, 244, 25-26.

SASTRY, M. V. A., RAO, B. R. J. and MAMGAIN, V. D. (1968) : Biostratigraphic zonatio of the Upper Cretaceous formations of Trichinopoly district, South India. *Geol. Soc. Indi Mem.* 2, 10-17.

SUGDEN, W. and STRANDRING, A. J. (1975) : Qatar Peninsular. *Lexique Stratigr. Intern* 3, Asie, fasc. 10b3, Union Intern. Sci. Geol., Paris.

VERESHCHAGIN, V. N. and RONOV, A. B. (ed.) (1968) : *Atlas of the Lithological-Paleoge graphical Map of the USSR*, 3, Acad. Sci. USSR.

WOODLAND, A. W. (ed.) (1975) : *Petroleum and the Continental Shelf of North West Europ* 1, Geology. Applied Sci. Pub., Barking, 501p.

(1979年3月7日受理)

地学雑誌 88, 3 (1979)

釧路原野地域の地形と水理地質

鳥 居 栄 一 郎*

The Topography and the Hydrogeology of the Kushiro Plain

Eiichiro TORII

Abstract

Considering that hydrogeology essentially comes under Quaternary research, the author emphasizes that aquifers should be arranged in time scale series by means of compiling geomorphic history of the concerned area, taking a serious view of the relations between geomorphic surfaces and geologies (aquifers).

Based on this principle, the author compiled the hydrogeology of the Kushiro Plain.

I. Summaries of the Hydrogeology of the Kushiro Plain

1) The Kushiro Plain is a down-warped depositional basin which consists of the Kushiro formation (diluvium) and alluvial deposits.

2) The Kushiro formation (composed of gravel, sand, mud and volcanic ash) is divided into 7 minor members, and the center of deposition in the plain was located in and around Lake Tōro in the early Pleistocene Epoch.

3) In the alluvial age, however, the center of deposition in the plain has been located in the area 4～5 km from the present coast line.

4) The author found 2 marine terraces and 3 river terraces around the plain, and also found 3 buried terraces lying at a depth of 20～70 meters and a buried valley with a maximum depth of 80 meters under the plain.

5) The deep artesian groundwater in the plain originates from the aquifers of the Kushiro formation and the buried terrace gravels.

6) Alluvial deposits consist of sand facies (coastal sand dunes and buried coastal sand dunes) and mud facies (most of the post-gracial deposits). The former has nice aquifers and the latter has only poor aquifers.

7) The deep artesian groundwater in the plain derives from the terrace area northwest of the plain. The flow of the ground water is almost at a standstill under the central part of the plain.

II. Special Features of the Hydrogeology of the Kushiro Plain

1) Particle Size Distribution

The author fully investigated considerable boring data located at the Kushiro Plain. He found that considerable sand facies and very little mud facies compared with standard alluvial plains of Japan are existing in the Kushiro Plain.

* 建設省建設大学校 Construction College, Ministry of Construction

2) Thickness of Unit Stratum

The author found that the maximum thickness of the unit stratum of the whole facies does not exceed the limit of 20 m ; he found that the thickness of most of the unit stratum is below 6 m. He also found that the average thickness of the unit stratum does not have any relation to the particle size of each stratum.

3) Number of Strata

The ratio of the number of gravel-strata, sand-strata and mud-strata resembles the ratio of the particle size of each stratum.

4) Regional Difference of Specific Capacity

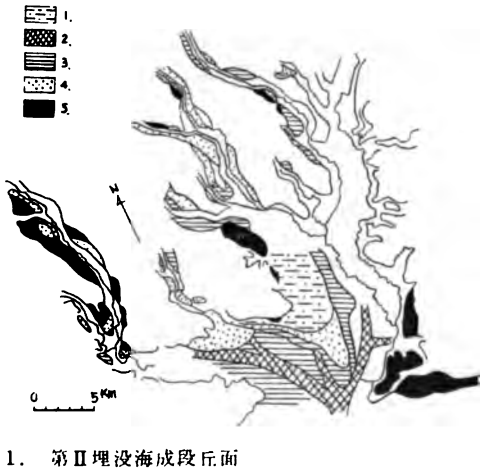
The author studied the regional difference of Specific Capacity using various boring data throughout the investigated area and he compiled "Specific Capacity Distribution Map" of the Kushiro Plain.

I　はじめに

筆者は水理地質研究の一つの方法として，地形面単元の確立を通じて時系列に帯水層単元を確立し，その帯水層単元毎に水理地質を考察することを試みた。従来の水理地質に関する論文は地形について記載があっても，単なる緒言にすぎなかった、我が国にあっては主要帯水層は鮮新世以後の堆積層，就中，洪積層及び沖積層に限られている。従って，我が国にあっては水理地質学は第四紀地質学の一分野であると実質的に考えられる。このため，水理地質の研究にあたっては当然地形学的側面からの解析も必要となる。言いかえれば，新第三紀末頃からの地形，地質発達史的観点からの水理地質の把握も忘れてはならない。

筆者は地形特に地形面を重視して研究地域の地形地質発達史を編成し，地形面と地質（帯水層）との関係を明確にすることによって帯水層を時系列に整理することを水理地質研究の第一歩とすべきだと考えている。

筆者は以上の方針のもとに北海道沿岸部の主要沖積地及びその周辺の地形地質発達史を地形面（特に，海成段丘面）を鍵として編成し，各地の帯水層単元の確立，対比を試みているが，今回発表する研究地域は頁数の関係から釧路原野に限った。なお，十勝川下流地域については別途発表済[1]である。また，石狩低地，勇払原野（同原野東方の鵡川下流域を含む），サロベツ原野などについては別に機会をみて発表したい。



1.　第Ⅱ埋没海成段丘面
2.　埋没谷底面
3.　第Ⅱ埋没河成段丘面--第Ⅲ河成段丘面
4.　第Ⅰ埋没海成段丘面—第Ⅰ埋没河成段丘面—第Ⅱ河成段丘面
5.　釧路面Ⅱ—第Ⅰ河成段丘面

第1図　釧路原野地域段丘面分布図

II　釧路原野地域の地形面

釧路原野の地形面については阪口（1959）や岡崎（1966b）及び鳥居（1968）の論文にくわしいが，最近の松井ら（1976）の研究により考え方が変る可能性もある。現在の筆者の見解では釧路原野周辺には二段の陸成面，五段の海成段丘面（うち，三面は埋没面），三段の河成段丘面とがあると考えられ，これらの地形面の分布を第1図に示した。

II-1. 表在地形面[3]

(1) 白糠面‥‥白糠丘陵は海抜200～400m の準平原地域で，古第三紀層・新第三紀層により構成されている。このような準平原面は北海道各地に分布しており，渡辺（1941）は北見山地周辺の準平原面を幌別面と称した。白糠丘陵に発達する準平原面は白糠面と称されている。

(2) 鶴居面‥‥鶴居丘陵は海抜150～400m で，阿寒，屈斜呂両火山を源とする火山噴出物が後述の根室段丘面上を流送又は降下して修飾した堆積地形面であり，この面は鶴居面と称されている。

(3) 海成段丘面‥‥海成段丘面は従来から根室面（高度80～120m）及び釧路面（高度40m 前後）の二つが認められてきた。岡崎（1966a, b）によれば，根室面は下部洪積統の釧路層群の堆積面とされ，釧路面は釧路層群の上部を削って大楽毛層（海成砂層，白色火山灰質粘土を挟む）を不整合にのせるとされ，前者は M/R 期に，後者は R/W 期に形成されたと推定されてきた。しかしながら，最近，松井ら(1976)により上述の大楽毛層と不整合に接する釧路層群の下部（東釧路層）は下部洪積層ではなくて大楽毛層をふくめて上～中部洪積統に所属し，新旧二度の海進（うち，新しいものは大楽毛海進）が存在したと発表され，大楽毛海進が早期 Würm の亜間氷期の可能性が強いことが示されるに至った。ただし，この見解にはまだ疑問が残っている[3]。

根室・釧路両段丘面上には屈斜呂軽石流堆積物が20m 以下の層厚をもって分布する。本層は局所的に炭木片をふくみ，釧路市材木町における ^{14}C 年代測年値は29,400±1,800y. BP であるという。湊ら (1967)によれば，釧路市街ののる釧路面は屈斜呂軽石流堆積物を除去すれば高度20m 内外の面が最も広く追跡され，その他にも10～15m 面も局地的に残っているという。筆者は湊らのいう20m 内外の面をやや高めにとって20～25m として釧路面IIと呼ぶことにした。10～15m 面は湊らのいう意味では認め難いが，埋没地形面としては有り得るので，この面を釧路面 I と呼ぶことにした[4]。

(4) 河成段丘面‥‥河成段丘面は古く高い方から I ～III段丘に分けられる。岡崎（1960）は I ～IV段丘に分けたが，その第 I 面は根室面であって河成面ではない。従って，岡崎のII～IV段丘が本論文の I ～III段丘にそれぞれ対応する。河成段丘面の特色を要約すれば下記の通りである。

(i) 河成段丘面は原野西側に主に分布する。

(ii) 各段丘面，現河床面の縦断勾配は4.5～5.5×10^{-3} 程度で，古い面ほど傾斜が大である。

(iii) 各段丘面とも東乃至東南方向に向って傾いている。岡崎（1960）によれば東方への傾斜率は第II面で9.4×10^{-4}，第III面で6.2×10^{-4}，沖積面で5.3×10^{-4} である。

(iv) 各段丘面とも数 m 厚の段丘礫層を有する。

(v) I ～II段丘の堆積層はいずれも屈斜呂軽石流堆積物で覆われている。第III段丘では屈斜呂軽石流堆積物を逆に削って数 m 厚の堆積物をのせている。すなわち，屈斜呂軽石流堆積物は第II段丘形成以後，第III段丘形成以前に生成されたものである。

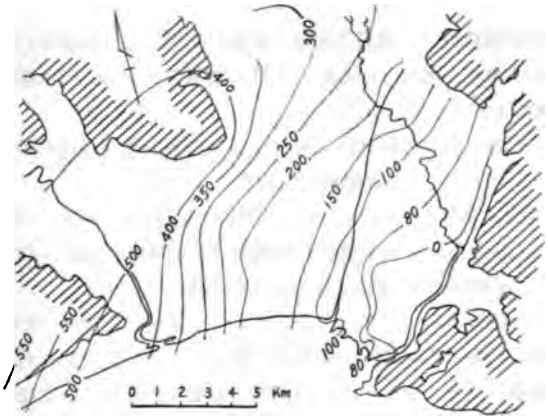
(vi) 第 I 面は釧路面IIに対比されるが，II～III面の対応海成面は現地表面に見当らない。

(vii) 以上述べた洪積河成段丘面の外に，釧路川，阿寒川の中上流部には現河床と数 m の比高のある沖積面が分布するが，下流に行くに従って南東に傾く地盤運動のため，ついに比高差がなくなり，いわゆる"古釧路湾"の周辺には沖積段丘は見当らなくなる。

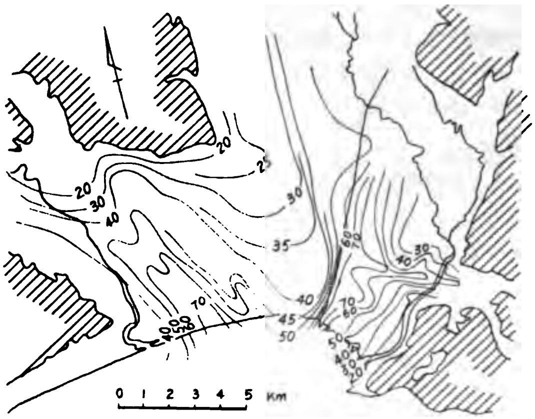
釧路原野南東部の表面下数 m の沖積層中に貝化石が分布するが，岡崎（1955）はこの貝化石は付近の縄文早期以後の貝塚に関係があり，その海面上昇は最盛期で現海面上10m を超えたとした。その後，大島(1973) は岡崎の論文を批判し，縄文海進の海面上昇は 5 m 以下としている。

II-2. 埋没地形面

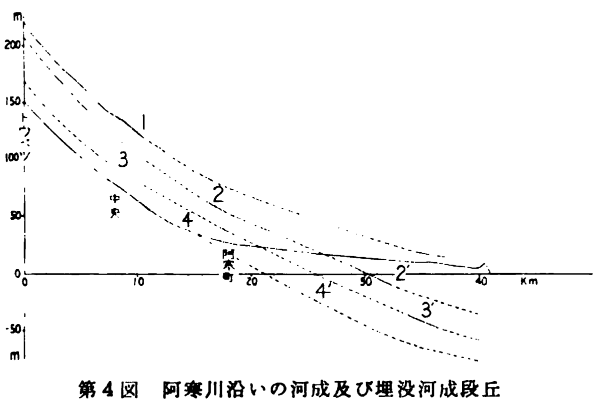
釧路原野内の釧路層群，沖積層基底の深度については，これまでに山口ら（1961a, 72, 73)，岡崎(1966a, b)，田中ら（1960）及び鳥居ら（1963, 64）などの報告があるが，ボーリング資料や物理探査資料の増加につれて次第に正確なことがわかりつつある。ここでは最新の資料に基づく岡崎，山口らの見解



第２図　釧路原野における釧路層群の基底等深線図 (m) (岡崎原図)



第３図　釧路原野における沖積層基底（釧路層上限）の等深線図 (m)（山口原図，筆者一部修正）



1．第Ｉ河成段丘面
2．第Ⅱ河成段丘面
2′．第Ｉ埋没河成段丘面
3．第Ⅲ河成段丘面
3′．第Ⅱ埋没河成段丘面
4．阿寒川の谷底面
4′．阿寒川の埋没谷底面

第４図　阿寒川沿いの河成及び埋没河成段丘

をそれぞれ第２図，第３図として示す。ただし，第３図は筆者の見解により多少の修正を加えた。

ここに問題なのは河成段丘面群と埋没河成段丘面群との連続関係，並びに対応海成面の深度である。筆者は阿寒川流域の河成段丘面と阪口ら (1958) の研究によって明らかとなった埋没段丘面の位置を投影した第４図，並びに各面の傾斜，段丘礫層の層厚などから第１表のように対応面を取まとめた。

第Ｉ河成段丘面は新釧路川西方丘陵の縁辺部に見られる標高15m 前後の台地（釧路面Ⅱに相当）[5]に連続する可能性が強い。第Ⅱ河成段丘面（第Ｉ埋没河成段丘面）は鳥取・昭和付近に存在する第Ｉ埋没海成段丘面に連続し，その海水準は－40m 前後と推定される。第Ⅲ河成段丘面（第Ⅱ埋没河成段丘面）は Wh_1/Wh_2 期に形成された“立川面”に対比される。一方，湊(1966)による津軽海峡海底地形面の研究により Wh_1/Wh_2 期は2.5～2.6万年前とされ，その当時の海成面は－70m とされている。従って，この面の形成時期を2.5万年前，対応海成面は－70m 程度で釧路沖に存在するものと推定しておく。また，埋没谷底面は釧路沖の－100m 面 (Würm 極盛期面) に接合すると考えられる。

第Ⅱ埋没海成段丘面 (－20～－30m 面) は仁々志別川と新釧路川との間の釧路原野下に存在する。この面には段丘礫層が無いか，あっても極めて薄いと山口ら (1972) が述べて

第1表　釧路原野の地形発達

質代	代表的な地形面	地質層序	主な地形変化	海面の動き 地盤の動き		層厚	海水面	備考
	沖積面			現海面 ↑			-OM-	
		最上部泥炭層 / 上部砂層 / 摩周統火山灰A—L	泥炭地 / 砂			4～10 / 0～30		
		上部泥層	湿原化 / 丘					
	沖積段丘面			海進極大	東部への傾斜運動		±10	
		中部泥層 / 埋没砂州砂礫層	古釧路湾 / 湾口沿岸砂州			10～20 / 10～20		
	第II埋没海成段丘面			停滞			−20	Alleröd面
		下部泥層 / 下部砂層	海成—瀕海			0～70 / 0～70		
		埋没谷基底礫層	埋没谷の形成			±5		
	{Wh₂海蝕面 / 埋没谷底面}			海退極大			−140	
	{第III河成段丘面 / 第II埋没河成段丘面}			海進極大			− 70	Wh₁/Wh₂ K面
		段丘礫層				±5		
		埋没谷埋積層(消失)						
	{Wh₁海蝕面 / 埋没谷底面}	埋没谷基底礫層(消失)	埋没谷の形成	海退極大				
	鶴居面(陸成面)						−100	
		屈斜呂軽石流堆積物	屈斜呂カルデラ			1～30		29,400±1,800y. BP
	W v/h 海成面			海進極大				
		段丘礫層(消失)						
	{第II河成段丘面 / 第I埋没海成段丘面 / 第I埋没河成段丘面}						−40	W₁面
						±5		
	{釧路面II(海成面) / 第I河成段丘面}			海進極大			+20	T面
		宮島層 / 大楽毛層(K₅)	大楽毛海			±33 / ±30		
				停滞				
		東釧路層(K₄) シルト層(泥炭をふくむ)		海進極大		±5	+15	
	釧路面I(埋没海成面)	東釧路層(K₃) 砂層				±20		
		東釧路層(K₂) 軽石流堆積物,礫層		海退		±30		
		阿寒火山古期噴出物(溶結凝灰岩岩滓流)	阿寒カルデラ			±10		
	根室面(海成面)	釧路層群 塘路層 VI / V		海進極大	平原の造盆地運動	±15 / ±30	+60	R/W C面
		釧路層群 達古武層 IV′～IV				±100		
		釧路層群 ルルラン層 III				±12		
		釧路層群 幌呂層 II / I				±35 / ±15		
		東釧路層(K₁) シルト質砂岩				+5		
	白糠面(陸成面)	古第三紀層浦幌層群						

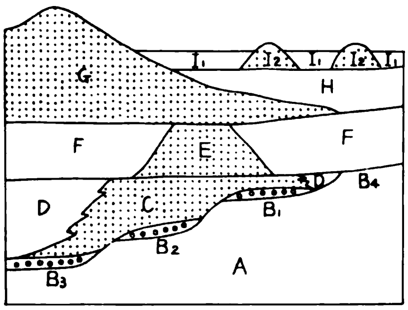
いる。この面は筆者や山口らの電気探査資料でも－20～－30m の深度で南東方向に 3×10^{-3} 程度の傾斜を示す地形面として把握されている。地表及び地下の他の段丘面群が数 m 厚の段丘礫層を有するのと比べて極めて特異であり，この面は他の地形面に連続しない可能性が大きく，その形成時代も他の地形面と異なる可能性を示している。CURRAY, J. R. (1959, 60, 61)，SHEPARD, F. P. (1959, 60)，FAIRBRIDGE, R. W. (1961) 等の研究によれば，汎世界的に－20～－30m 付近に Würm 極盛期以後の海面停滞が認められるようであり，日本でも池田（1964）が東海道における沖積層の研究で言及している。以上により，この面は約1.1万年前の Alleröd 期の海成面と推定される。

III　釧路原野地域の水理地質

III-1．主要帯水層の時代区分

釧路原野地域の水理地質については鳥居ら（1963, 64）の調査並びに山口ら（1961a, 72, 73）の報告がくわしい。

釧路原野の沖積面下には釧路層群が広く分布し最も有力な帯水層となっている。その他に海成・河成の埋没段丘堆積層，埋没谷基底礫層及び沖積層に由来する帯水層があり，これらの分布は地形面の研究により把握出来る。

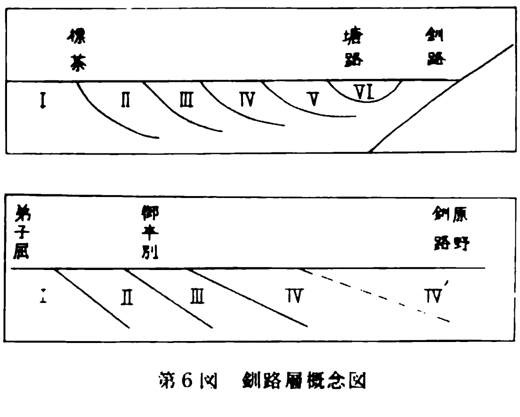


A‥釧路層群　B_1～B_4‥埋積段丘堆積物
C‥下部砂層　D‥下部泥層
E‥埋積砂州砂礫層　F‥中部泥層
G‥上部砂層　H‥上部泥層
I_1～I_2‥最上部堆積層
第5図　釧路原野の模式断面図（山口原図，筆者一部修正）

筆者ら及び山口らの電気探査やボーリング調査から沖積面下の各層の関係を模式的に示すと第5図の通りである。A～Bは洪積層，C～Iは沖積層である。

A．釧路層群‥‥釧路層群の岩相は横変化に富み，鍵層もなく充分な対比は困難であるが，鳥居ら（1963, 64）の研究によれば釧路層群は七部層（I，II，III，IV，IV′，V，[redacted] VI）に区分出来る。これら各部層のうち釧路原野下に存[redacted]するのはIV部層（礫交りの細～中粒砂），IV′部層（IV部層[redacted]と同時異相関係で重なっている浮石質火山灰），V部層（[redacted]及び粗粒砂）が主であり，いずれも有力な帯水層である。なお，IV及びIV′部層は岡崎（1965, 66a, 66b）の達古武[redacted]層，北川ら（1963）のシラルトロ層；V部層は岡崎の塘路[redacted]層下部，北川らの標茶層にそれぞれ対比される。

釧路層はほとんど水平層であるが，詳細に対比すると塘[redacted]路湖を中心に北東―南西方向の向斜軸をもつ盆地状構造を[redacted]なしている（第6図）。この構造は岩相にも影[redacted]を与えており，盆地の北側の堆積層は火山性[redacted]砕物が多いのに対し，南側の堆積層は古生層，中生層及び第三紀層の堆積岩系統のものが多く貝化石なども含んでいる。



第6図　釧路層概念図

上記の構造を支配したものは網走―釧路を結[redacted]び，釧路海底谷を形成した南北方向の構造線と根室原野から塘路湖付近に至る東西性の凹地帯[redacted]を形成した東西方向の構造線であって，両者の[redacted]活動が複合されて大楽毛―塘路の軸をもつ造盆[redacted]地運動となっている。

深層地下水は全てこの盆地構造に支配されて

おり，盆地の中心に向って被圧される程度が大きくなる。

B．埋没段丘堆積層と埋没谷基底砂礫層‥‥B_1, B_2 は埋没段丘堆積層であってそれぞれ地表の第Ⅱ・第Ⅲ河成段丘面に連続し，層厚はいずれも数 m である。B_3 は埋没谷基底砂礫層であって釧路沖の－90m 面まで延びており，Würm 極盛期に形成されたものである。B_4 は－20m 水準にあるが，この面は Alleröd 期に形成されたもので，段丘堆積物は無いか，あっても極めて薄い．B_1～B_3 は良好な帯水層としての性能を示している。

C. D. 下部泥層と下部砂層‥‥いずれも－20m 以深に存在し，後氷期の海面上昇初期の堆積物である。

E．埋没砂州砂礫層‥‥本層の層厚は 5 ～15m で，現海岸から 2 ～ 4 km の範囲に東側ほど厚く，かつ内陸側に分布する。この事実は低地の西側が隆起し，東側が沈下するという地盤変動が Würm 期以降，依然として続いている証拠の一つである。本層は Alleröd 期以後に形成された埋没砂州と考えられる。

F．中部泥層‥‥本層は現海岸から 2 ～ 4 km の範囲を除き，その海側及び内陸側に分布し，層厚は 10～15m 程度である。本層は Alleröd 期以後に古釧路湾の内外に堆積したもので，極めて軟弱な地層である。

G．上部砂層‥‥本層は臨海地帯で25～30m 厚で内陸に向って急激に層厚を減じ，上部泥層下にレンズ状に尖滅して潜り込む礫交りの砂層である。本層は縄文海進極盛期以後に形成された砂州が主体である。

H．上部泥層‥‥本層は臨海砂丘地帯の背後に広く分布している。層厚は分布の南限近くや丘陵周辺部で薄いが，湿原中央部では厚さ10m 以上の処もある。本層は極めて軟弱な地層で，主として縄文海進の極盛期以後に形成されたものである。

I．最上部堆積層‥‥釧路原野の最上部の泥炭層 I_1 及び自然堤防州 I_2 で数 m 以内の層厚を示している。

沖積層のうち E, G は臨海地帯の自由地下水の帯水層として比較的優秀な透水性を示す。ただし，背後地からの良質の地下水の補給は乏しいと考えられる。

以上，Ⅱ-1，Ⅱ-2 及びⅢ-1 を通じて釧路原野地域の地形・地質発達は第 1 表のようにまとめられる。なお，第 1 表中のC面，T面，K面とは，阪口（1959）の呼称した地形面をさす。

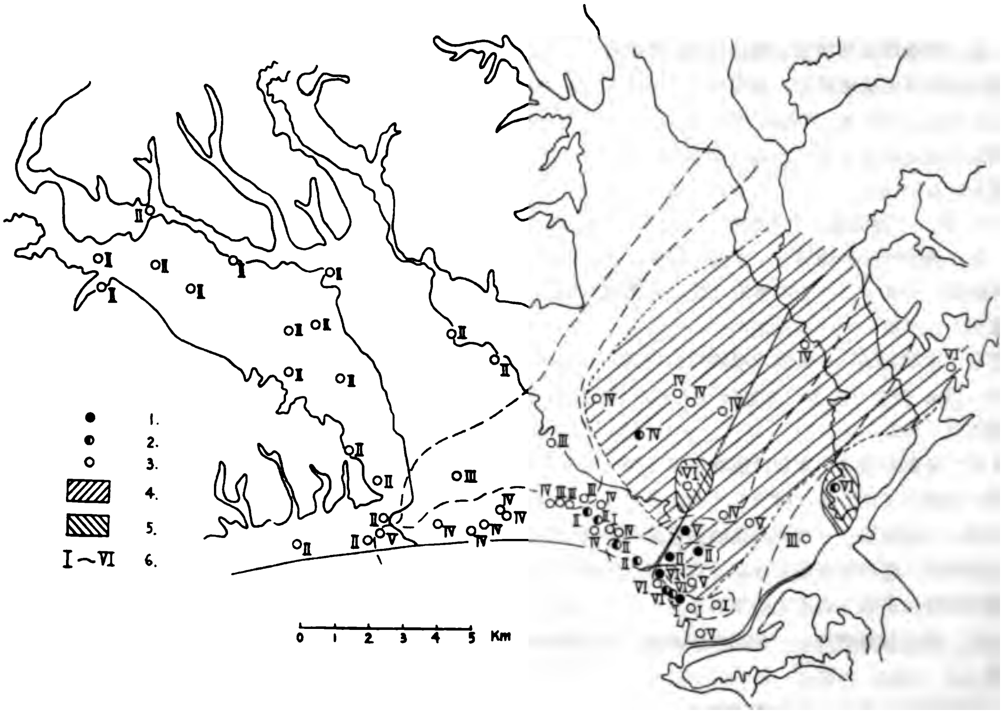
Ⅲ-2．主要帯水層の概要

(1) 釧路層群

釧路原野内の釧路層は礫，砂，シルトの累層であって，特にその砂礫層部分が良好な帯水層である。従って，深層地下水は基盤の第三紀層に至るまでの砂礫層中に多かれ少なかれ存在し，いずれの場所においても先ず数枚の帯水層があるとみてよく，一般に地下水深度に一定の傾向はつかみ難い。ただし，釧路層は泥炭地中央部に向って大略 $^{5}/_{1,000}$ の傾斜を示すので，一定の帯水層は中央部に向って深くなると考えられる。なお，深処の地下水ほど水圧があることが地質構造から推測されるが，詳細は不明である。

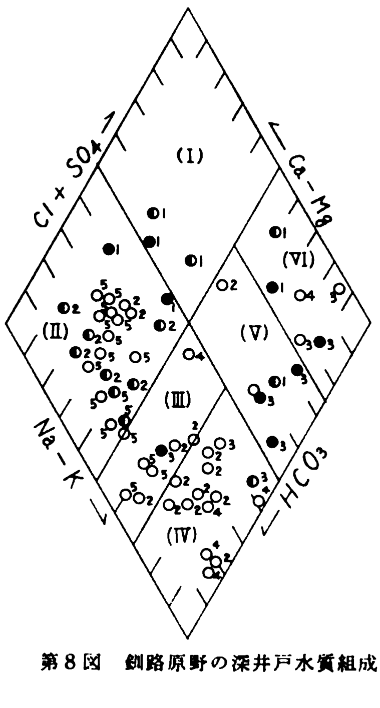
新釧路川川口付近には釧路層から採水している多数の工業用井戸があり，山口ら（1961a, 72, 73）によれば，その比湧出量は口径300mm で200～300m³/day-m である。一方，鳥居ら（1963, 64）によれば，原野中央部の開発局試験井（100mm 口径井 3 本）の揚水試験結果を口径300mm に換算しても，その比湧出量は100～200m³/day-m にすぎず，このことは原野周辺部の帯水層が中央部に近ずくにつれ，次第に微粒化し，貧化していることを示す。

次に，第 7 図，第 8 図（何れも山口ら（1973）の資料から筆者が編集作成したもの）を見ると，釧路原野の内陸部（西部）の地下水は全て Carbonate hardness であるが，原野の東部又は南部に向うに従って次第に Carbonate alkali に移行している。すなわち，釧路原野の地下水の涵養源は原野の北西部にあり，北西から東または南に向う地下水の流れが考えられる。なお，山口ら（1973）によれば，釧路川の上中流部の沖積地内の深井戸資料は下流側に向って次第に Carbonate hardness から Carbonate alkali への移行が認められるので，釧路川沿いに北方から南方の釧路原野東部の Carbonate alkali 地域に向う地下水



1. 沖積層　2. 沖積層＋洪積層　3. 洪積層　4. 化石水分布地域　5. 塩水混入地域
6. 水質型（第8図参照）

第7図　釧路原野の地下水（山口の資料から筆者編集）



地区区分		採水層 沖積層	沖積層 洪積層	洪積層
海岸部(東部)	1	●	◐	○
〃 (西部)	2	●	◐	○
内陸部(東部)	3	●	◐	○
〃 (中央部)	4	●	◐	○
〃 (西部)	5	●	◐	○

Non-carbonate hardness	Ⅰ
Cabonate hardness	Ⅱ
Carbonate alkali Ⅱ～Ⅳ 移行型	Ⅲ
Carbonate alkali 停滞型	Ⅳ
Non-carbonate alkali Ⅳ～Ⅵ 移行型	Ⅴ
Non-carbonate alkali 塩水混入型	Ⅵ

第8図　釧路原野の深井戸水質組成（山口の資料から筆者編集）

の流れも推定出来る。

以上の釧路層に由来する地下水の流れは既述の釧路層の二構造と極めて良く適合する。

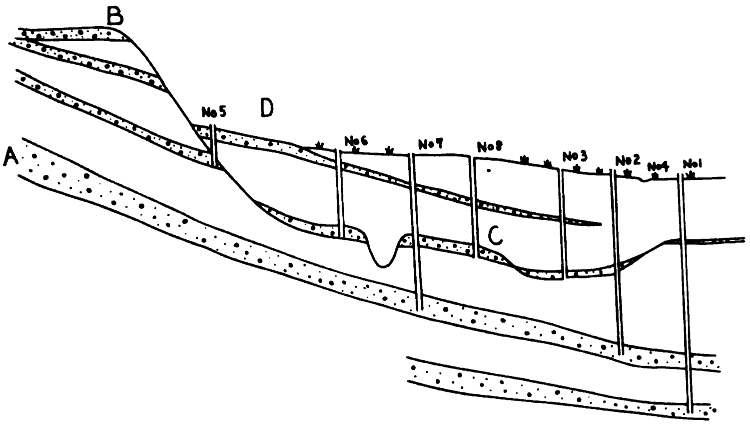
鳥居ら（1963, 64）によれば，釧路層の地下水の主な水質成分は次の通りである。

pH‥‥大略8以上を示す。地域的な特徴は不明確である。

SO_4[6]‥‥全般的に0又は微少値を示す。

Cl‥‥内陸（中央部）が20～200ppm を示す他はすべて10 ppm 以下である。

COD‥‥内陸（中央部）が10ppm 以上を示す他はすべて5 ppm 以下である。



A　釧路層(砂礫層)，B　段丘礫層，C　埋積段丘礫層，D　沖積砂礫層，
No. 1〜No. 8 は第２表と共通
第９図　釧路泥炭地概念図

査, H_2S····内陸（中央部）に多い。

，第２表には水質分析の代表点を示した。内陸（中央部）の Cl, COD, 蒸発残査, H_2S の高含
滞性の化石海水によるものと推定され，このことも釧路層の盆地構造を説明する証拠となる。

没段丘礫層

に示した釧路層上限のうち，急斜面並びに－20〜－30m の Alleröd 面を除いて，数 m 厚の埋
層が分布して良好な帯水層を形成している。原野周辺では埋没段丘礫層は比較的浅い処にあり，
好なので，かなり利用されている。

，第２表の No. 6, No. 8 などの埋没段丘礫層中の地下水は微白濁を生じており，付近の釧路層
水の No. 5, No. 7 と比べて水質が劣る（特に Fe が多い）。これは上層の沖積層中を流下した
影響を受けているためと思われる。

積層

中の地下水の単独利用は極めて少なく，大部分は釧路層中の地下水と併用して利用されている。
は新釧路川川口の２km 位西方から東方に及ぶ海岸部（東部）の海岸砂丘地帯に集中するが，こ
は上部砂層又は埋没砂州砂礫層に由来する。内陸部（東部）の一部でも沖積層中の地下水利用が
が，この地下水は別保川の扇状地砂礫層に由来するものである。

丘地帯の上部砂層又は埋没砂州砂礫層の帯水層としての性能は釧路層のそれとほとんど変らず若
ている程度である。

と第８図とによれば，釧路市街から新釧路川下流部にかけては沖積層，沖積層＋洪積層，洪積層
れ採水層とする採水井が入り乱れ，地下水組成は変化に富んでいる。この地域の地下水組成はそ
深井戸における沖積層の水と洪積層の水との混合の割合によるものと推定される。

（1973）の資料によれば，沖積層の地下水の主な水質成分は次の通りである。

·大略７前後を示すが，釧路層の水の混入によって，７よりやや大きな数字を示すことが多い。

··本来は小さな数値であるが，混入海水を吹上げている深井戸では30〜100ppm に達する。

沖積層の地下水と釧路層の地下水を併用する海岸部（東部）及び内陸部（東部）では Cl が10〜
n に達する処が多い。この Cl の高含有地区には化石海水が存在するか，又は沖積層中に海水が
いるかのいずれかである。

化石海水か混入海水かは次の方法で確かめられる。

(i) 深層地下水と海水との間には次の組成関係が成立する。

イ．Mg/Ca 及び $\frac{Ca+Mg}{SO_4+HCO_3}$ については地下水＜海水

ロ．K/Na 及び $\frac{Na+K}{Cl}$ については海水＞地下水

ハ．海水の $SO_4/Cl \doteqdot 0.14$，化石海水の $SO_4/Cl \doteqdot 0$

(ii) 大量の海水混入があれば地下水の被圧力は弱まる。

上記 (i) (ii) に基づき，筆者は Cl の高含有地区を化石海水分布地区と海水混入地区とに区分した（第7図)。

III-3．主要帯水層の地域性

本章では釧路原野地域内に発達する主要帯水層の特色を以下に述べる4項目について更に細かく検討することにした[7]。すなわち，地域内の(1) 粒度分布，(2) 地層単層の厚さ，(3) 地層の数ならびに(4) 深井戸比湧出量である。

使用した資料は北海道地下資源調査所の山口ら (1972)，北海道開発局の筆者ら (1969) 並びに経済企画庁の筆者ら(1962)[8]が集収した深井戸資料のうちの釧路原野地域関連分である。

なお，以下の記述に当っては次の点に留意した。

(i) 釧路原野地域は地形・地質発達史からみると，それぞれ異質の小地域から構成されている。従って，先ず幾つかの小地域に区分して，それぞれの主要帯水層の特徴を調査し，それを統合して全地域にわたる帯水層の地域性を把握するようにした。

(ii) 統計的に地域の特徴を正確に把握するためには単位地域当りの井戸サンプルを出来るだけ多くとり，しかも地域内の井戸密度をなるべく一様に保つことが望ましい。しかしながら，地域内の地下水開発に精粗があるため上記のような井戸サンプルの配置は現実には困難である。従って，次のような方法をとった。すなわち，a．先ず，地域を構成する小地域毎に水理地質に関する数値を整理する。b．次いで，全地域内における各小地域の代表する面積のウエイトを概算する。c．しかる後，全地域の水理地質を代表する数値は，各小地域の数値にそれぞれの面積のウエイトを掛けて再整理することにした。

釧路原野地域の構成小地域は次の通りとした。

第2表　釧路原野主要深[illegible]

番号	場所	所有地	深度 (m)	井径 (mm)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量 (m^3/day)	比湧出量 (m^3/day-m)	水温	色相	臭気
1	安原草生試験地	北海道開発局	135	100	+1.12	−6.12	86.4	12	11.0	黄褐色	H_2[illegible]臭
2	昭和	し尿処理場	100	200	−2.8	−19.2	800	49	9.0	白濁	なし
3	鳥取	雄鉄信号所	45	45	—	—	—	—	7.0	黄褐色	なし
4	昭和	排水溝	—	—	—	—	—	—	3.0	黄白濁	なし
5	大楽毛	釧路市上水道	20	300	+2.2	−7.7	2,000	200	8.0	なし	なし
6	鳥取B地区	北海道開発局	70	100	−0.40	−4.25	115.2	30	7.0	微白濁	鉄臭
7	鳥取A地区	北海道開発局	100	100	+1.70	−6.00	57.6	75	7.0	なし	なし
8	北斗	雄鉄北斗駅	50	45	—	—	—	—	7.0	微白濁	なし

（備考） 番号は第9図と共通である。

海岸部(東　部)} 砂州地域をさす。新釧路川をもって東西に区分する。
〃　(西　部)}

内陸部(東　部)} 釧路川流域をさす。新釧路川をもって区分する。
〃　(中央部)}

〃　(西　部)—阿寒川流域をさす。

なお，釧路原野の面積構成は海岸部：内陸部＝１：６とした。また，海岸部の面積構成は東部：西部＝１：２，内陸部の面積構成は東部：中央部：西部＝１：１：１とした。

(1) 粒径分布の地域性

地下水の被圧の有無，水量，水質，水温などは帯水層の堆積環境に密接に関係がある。そこで，まず帯水層の堆積環境を示す粒径分布の地域性を調べてみた。ここでいう粒径分布とはボーリング柱状図に付された層名を礫，砂，泥の３層に配分して，その比率を調べたにすぎず，厳密な意味で粒径を調べたわけではない。３層への配分に当っては層名により分類が困難なものも少なくないので，火山灰，泥炭，凝灰岩などは泥層に，砂礫は礫層に，砂泥互層は砂層，泥層を半々とするなどの工夫を試みた。従って，この分類はかなりの任意性があることを予め留意する必要がある。

なお，地形面の考察などから各地の沖積統[9]，洪積統，鮮新統などの地層の境界は概ね判明しているので，各ボーリング資料毎に地層境界を推定し，地層単位に上記３層の比率を調べて，結果を第３表に整理した。

(1)-(1) 沖積層の３層百分比について

釧路原野は砂州に限られたいわゆる古釧路湾という内海的入江を釧路川，阿寒川その他の中小河川の送流土砂が埋積して形成されたものである。

海岸砂丘の発達する海岸部の沖積泥層は20～40%を示し，内陸部の沖積泥層の45～65%に比べて低いが，第５図の模式図に示した中部泥層がかなり発達しているので，意外にその%は比較的高い数値を示している（特に海岸部西部において）。内陸部では西部が最も沖積泥層の占める%が高く，次いで中央部，東部の順となっている。東部では別保川の流送土砂（流送距離が短いため比較的砂質）が釧路川の流送土砂に混在している。

(1)-(2) 洪積層の３層百分比について

洪積層の層百分比は海岸部・内陸部とも一般に西部の礫層は30～40%に達し，東部の礫層が15～25%な

井戸の実態とその水質　　単位 mg/L

pH	$KMnO_4$	HCO_3	残留物	Cl	Fe	硬度	NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	比抵抗	H_2S	備考
9.05	138.3	148.0	434.0	68.16	0	1.89	0.45	0	0	3.2	1.02	34.12.16 採水
7.25	17.51	182.0	1203.0	487.5	2.3	193.9	4.65	0	0	1.9	0.42	
8.3	17.84	174.3	363.0	30.64	0	1.89	0.6	0	0	6.5	0.59	
6.85	26.53	136.3	371.0	42.34	5.6	59.50	0.8	0	0	7.7	0.42	
7.0	2.81	40.6	238.0	11.0	0	21.09	0	0	0	16.0	0.08	34.12.17 採水
7.3	3.14	22.5	215.0	8.26	1.65	28.77	0	0	0	22.5	0.25	
8.3	2.81	14.2	215.0	7.22	0	28.77	0	0	0	14.2	0.08	
7.4	21.51	5.5	297.0	12.86	0.65	17.25	2.15	0	0	5.5	0.42	

のに比べて高いのが特徴である。 特に，内陸部では沖積層がかなり泥質のため良好な帯水層に乏しく， 洪積砂礫層が良好な帯水層としての役割りをはたしている。

(1)-(3) 全国主要平野との層百分比の比較

第3表 釧路原野地域における地層の構成

			抽出井数	井深(m)		相百分比(%)			平均長(m)			地層数(%)		
				範囲	平均	礫	砂	粘土	礫	砂	粘土	礫	砂	粘土
釧路原野			63	18.5～230	110.4	26.1	32.2	41.6	4.70	4.18	4.77	25.2	35.2	39.6
同上(沖積層)			63	3.5～81	41.1	18.6	30.1	51.3	4.76	5.14	4.77	19.0	28.6	52.4
〃(洪積層)			55	7～186	79.4	30.0	33.4	36.6	4.69	3.84	4.77	28.1	38.2	33.7
海岸部	東部	沖積層＋洪積層	11	18.5～100	67.6	29.5	39.3	31.2	4.9	4.6	4.5	28.1	39.4	32.5
		沖積層	11	18.5～80	35.0	32.2	47.3	20.5	6.7	4.6	3.9	23.8	50.5	25.7
		洪積層	8	7～55	28.0	23.1	20.8	56.1	2.6	4.7	5.0	36.4	18.2	45.5
	西部	沖積層＋洪積層	22	60～180	126.9	31.2	32.3	36.5	6.6	4.8	4.8	24.7	35.3	40.0
		沖積層	22	7～66	42.4	31.2	27.3	41.5	8.6	4.7	6.9	23.6	37.5	38.9
		洪積層	22	16～173	84.5	31.2	34.8	34.0	5.9	4.8	4.0	25.1	34.5	40.4
内陸部	東部	沖積層＋洪積層	8	30～117.5	63.9	16.1	45.1	38.9	3.7	7.9	5.4	25.0	33.0	42.0
		沖積層	8	3.5～81	48.1	16.0	40.9	43.1	3.4	7.9	5.2	25.7	28.5	45.7
		洪積層	3	15～59.5	42.0	16.3	57.9	25.8	5.1	8.1	6.5	22.2	50.0	27.8
	中央部	沖積層＋洪積層	11	50～180	108.3	14.5	31.9	53.6	3.4	3.1	4.2	15.5	37.5	47.1
		沖積層	11	10～50	35.1	12.9	25.7	61.5	5.0	3.8	4.7	11.5	29.9	58.6
		洪積層	11	23～134	73.1	15.3	34.8	49.9	3.1	3.0	4.0	16.9	40.3	42.8
	西部	沖積層＋洪積層	11	70～230	156.2	38.3	22.7	39.0	5.0	3.1	5.0	33.6	32.1	34.4
		沖積層	11	10～49.5	33.4	19.8	16.5	63.7	4.8	3.4	4.2	17.0	20.5	62.5
		洪積層	11	22.3～186	122.8	43.3	24.4	32.3	5.1	3.1	5.5	38.4	35.4	26.2

第4表 釧路原野地域における層厚の産出頻度 (%)

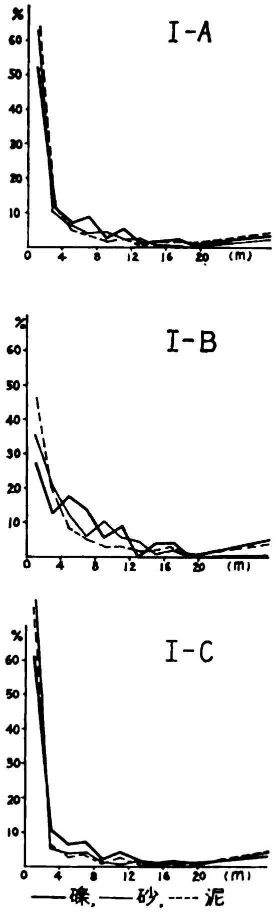
地域	層厚m / 相	2＞0	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20＜	平均層厚 (m)
釧路原野	礫	52.1	11.3	7.2	8.9	3.2	5.3	1.6	1.8	2.1	0.8	3.7	4.70
	砂	63.6	10.4	6.5	4.7	4.6	2.7	2.7	1.1	1.1	—	2.7	4.18
	泥	64.2	11.2	5.1	4.2	1.9	2.9	1.5	1.7	1.7	1.2	4.4	4.77
同上(沖積層)	礫	27.5	13.7	17.6	13.7	5.9	8.8	—	3.9	3.9	—	4.9	4.76
	砂	35.7	20.5	12.3	6.4	10.5	5.8	4.7	1.2	2.3	—	0.6	5.14
	泥	47.5	19.9	8.6	5.4	3.2	3.2	1.8	2.3	3.2	0.5	4.5	4.77
同上(洪積層)	礫	61.2	10.4	6.1	7.2	2.2	4.0	2.2	1.1	1.4	1.1	3.2	4.69
	砂	77.0	5.6	3.7	3.9	1.7	1.1	1.7	1.1	0.6	—	3.7	3.84
	泥	74.2	6.0	3.0	3.5	1.1	2.7	1.4	1.4	0.8	1.6	4.3	4.77

山口久之助（1961b）は全国14平野に存在するボーリング資料552本の"3層区分"を行い，全国の主要平野の礫・砂・泥の比率を平均19：29：52としている。ただし，山口はボーリング資料の解析に当って，沖積層か洪積層か，又は新第三紀層かについての検討は行なっていない。

この山口の全国の主要平野の礫・砂・泥の平均構成比に比べた場合，釧路原野地域では礫層がやや多く，泥層がやや少ないのが特徴である。

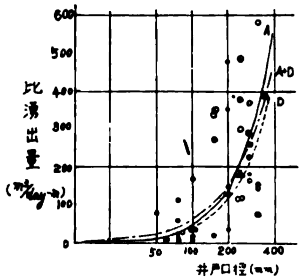
(2) 礫，砂，泥層の単層の厚さの地域性

釧路原野地域における礫，砂，泥別の地層の厚さを調べてみると第3，4表及び第10図のようになる。すなわち，礫，砂，泥層とも単層の最大層厚が20mをこえる例はごくまれであって，ほとんどが10m未満であり，大半は6mまでに収まっている。深井戸地質の鑑定精度を考えれば，実在の最大層厚は更に縮小されるに違いない。そして，単層の厚さの平均値では礫，砂，泥層による特別な傾向は見出せない[10]。また，沖積層と洪積層の単一層の厚さを比べても，同じく特別な傾向はつかみ難い。



I-A　釧路原野沖積層＋洪積層
I-B　釧路原野沖積層
I-C　釧路原野洪積層

第10図　地層の厚さ



●沖積層から採水している井戸（7カ処）
◐沖積層，洪積層の両方から採水している井戸(10カ処)
○洪積層から採水している井戸(24カ処)
A　沖積層
D　洪積層
A＋D　沖積層＋洪積層

第11図　釧路原野地域の比湧出量 (y)-井戸口径 (x)

(3) 深井戸比湧出量の地域性

(3)-(1) 比湧出量と井戸径

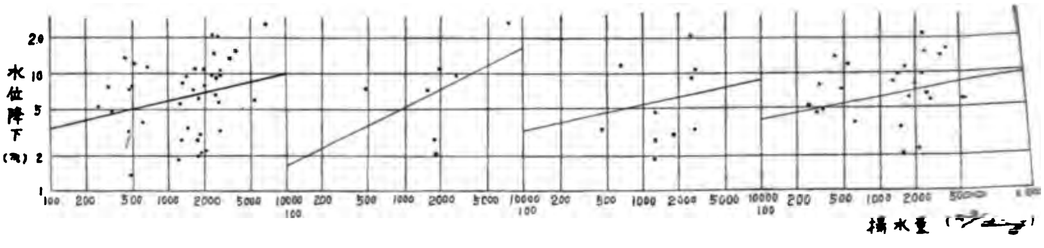
比湧出量と井戸径との関係は理論的にはいろいろ難しい問題をふくんでいる。しかし，ある地域内の両者の関係を現実的に解決するには，同一帯水層を採水層としている深井戸について，両者の関係をプロットして見るのが実際的である。

釧路原野地域の比湧出量と井径との関係を半対数方眼紙にプロットし，両者の関係を最小二乗法で求めた(第11図)[11]。この図から或る井径のときの比湧出量を知って，他の井径のときの比湧出量が推定出来る[12]。なお，井戸資料は同一帯水層を採水層としている井戸に限るのが前提であるが，同一帯水層の意味をあまり厳密にすると，資料に限りがあるので同一帯水層毎の比湧出量と井径との関係図が求めにくい。従って，釧路原野地域については帯水層を沖積層と洪積層とに区分するにとどめた。

さて，釧路原野地域の比湧出量 (y)-井戸口径 (x) 曲線は次のように算出された。

a．沖積層から採水している井戸　$y=0.0393x^{1.549}$　（井数7）

b．沖積層・洪積層の両方から採水している井戸　$y=0.1695x^{1.285}$　（井数10）



(i) 全井戸(41カ処)
(ii) 沖積層から採水している井戸(7カ処)
(iii) 沖積層及び洪積層から採水している井戸(10カ処)
(iv) 洪積層から採水している井戸(24カ処)

第12図 釧路原野地域の水位降下 (y)-揚水量 (x)

c. 洪積層から採水している井戸 $y=0.0357x^{1.521}$ (井数24)

(3)-(2) 水位降下と揚水量

釧路原野地域の深井戸資料から，水位降下と揚水量の記録のそろっている深井戸を選び，水位降下と揚水量との関係を対数方眼紙にプロットし，両者の関係を最小二乗法で求めた(第12図)[13]。この図を作るに当っては，標準井径を300mm とし，井径の異なるものについては前節で得られた比湧出量―井径曲線により比湧出量を標準井径相当量に換算した。

第12図は実情に反した部分もある。すなわち，水位降下が大略20m 以上の場合は本図より揚水量は多少少ないと推定されるが，一般的に本図は深井戸地域の特性を示すといえよう。

以下，釧路原野地域の水位降下 (y)-揚水量 (x) 曲線は次のように算出された。

a. 全域 $\log y=0.235 \log x+0.0563$ (井数41)

b. 沖積層から採水している井戸

$\log y=0.499 \log x-0.788$ (井数7)

c. 沖積層・洪積層の両方から採水している井戸

$\log y=0.194 \log x+0.134$ (井数10)

d. 洪積層から採水している井戸

$\log y=0.187 \log x+0.221$ (井数24)

(3)-(3) 比滲出量と比湧出量

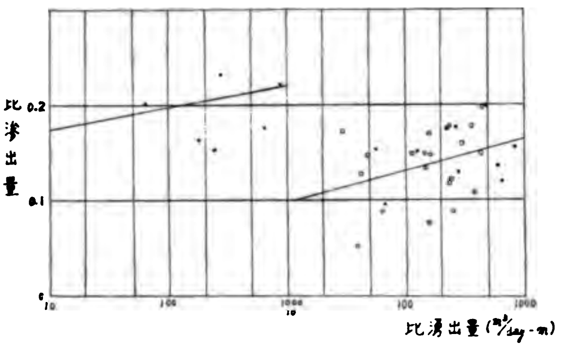
前節に述べた水位降下―揚水量曲線に利用出来る資料は限られている。そして，地質柱状のみがわかっている井戸が他に相当数ある。これらの地質柱状からその井戸の比湧出量が推定出来れば，比湧出量の地域性はより適確に把握出来ることになる。そこで，地質柱状さえ判っていれば把握出来る比滲出量という概念について以下考察する。

山本荘毅 (1964) によれば，或る地点の被圧地下水の賦存量はその地点における各層相の滲出率と層厚とを掛けたものの総計 (総滲出量) で示されるという。そして，この総滲出量を全地層の層厚で割ったものが，その地点での比滲出量と定義される。

Eckis, R. (1934) の各地層の地下水の滲出率に関する見解を参考として，各地層の地下水の滲出率を層礫は0.30，砂層は0.20，泥層は0として比滲出量を算出することにした。なお，地下水の滲出率の決定にあたっては，資料について数回の試行を行ない，出来るだけ後述の比滲出量―比湧出量の相関が高くなるように定めた。

次に，比滲出量と比湧出量の両方が算出出来る井戸資料を選び，比滲出量と比湧出量との関係を半対数

氐にプロットし，両者の関係を最小二乗
Řめた(第13図)[14)]。その結果は相関度に
つ差はあるが，正の相関を認めることが
こ。
こ，釧路原野地域の比滲出量 (y)-比湧
(x) 曲線は次のように算出された。
沖積層から採水している井戸
主として海岸部東部に限られる)
y=0.0117 log x+0.163 (井数6)
沖積層・洪積層の両方から採水してい
ヲ並びに洪積層から採水している井戸
y=0.0334 log x+0.0652 (井数34)
) 沖積層・洪積層の両方から採水して
井戸と洪積層だけから採水している井戸
区別しなかった。なぜならば，後者の井



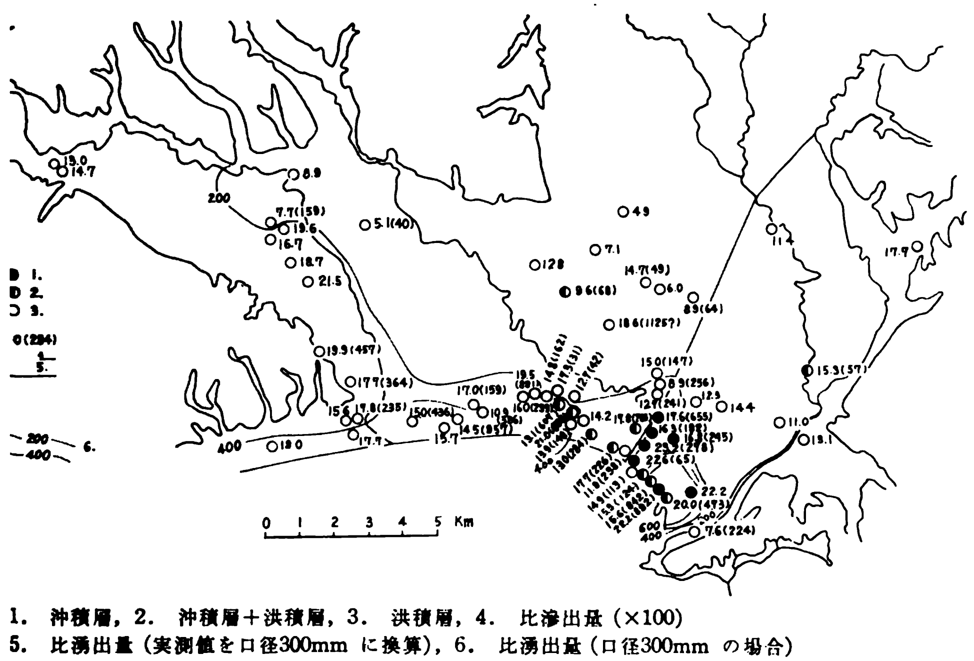
(i) 沖積層から採水している井戸 (●) (6カ処)
(ii) 沖積層及び洪積層から採水している井戸(●) (10カ処)
洪積層から採水している井戸 (○) (24カ処)
第13図 釧路原野地域の比滲出量 (y)-比湧出量 (x)

おいては直接沖積層から採水していなくとも，間接的に直上の沖積層の構成がその下の洪積層の滲出影響を与えていると考えられるからである。

上により，当該地域の地質柱状だけ判明している井戸についても，その比湧出量が推定出来るようにた。

-(4) 比湧出量の地域性

記(1)，(2)，(3) により当該地域内の深井戸の比滲出量（実測値）並びに比湧出量（実測値並びに推）が多数得られることになった。



1. 沖積層，2. 沖積層+洪積層，3. 洪積層，4. 比滲出量 (×100)
5. 比湧出量（実測値を口径300mm に換算），6. 比湧出量（口径300mm の場合）
第14図 釧路原野の比湧出量

第14図は釧路原野地域の比湧出量—比滲出量の関係式に，同地域のボーリング資料から計測された比滲出量を代入して比湧出量を求め，等比湧出量線を描いたものである。

比湧出量—比滲出量曲線の相関はあまり良くないので，図中の等比湧出量曲線は多少，比湧出量の実測値と矛盾を生ずる場合がある。

以下，第14図に表われた釧路原野の比湧出量の地域性について若干の説明を加える。

釧路原野地域では沖積層からの採水井は海岸部（東部）に集中しており，その西隣りには沖積層及び洪積層からの採水井が集中し，その他の地区はほとんど洪積層からの採水井が分布する。このことは海岸部（東部）並びに海岸部（西部）の東寄りの部分の沖積層が比較的砂質で良好な帯水層であることの反映である。そして，比湧出量—井径曲線に見るごとく，この範囲の沖積層は洪積層（釧路層群）よりも帯水層として優れている。海岸部（東部）の比湧出量は概ね600m^3/day-m（300mm 口径井戸換算）である。

海岸部（西部）の西寄りの部分は洪積層からの採水井のみが分布しており，この範囲の沖積層は採水層として利用されていない。この範囲の比湧出量は400m^3/day-m 程度（300mm 口径井戸換算）にすぎない。

内陸部は全面的に洪積層を採水層としているが，その比湧出量は200m^3/day-m 以下である。ただし，内陸部（西部）の西寄りは洪積層の粒度がやや粗いため，200〜400m^3/day-m（300mm 口径井戸換算）とやや大きな数値を示している。

IV　おわりに

本論文の作成にあたり適切な助言や指摘を頂いた東京教育大学の山本荘毅・市川正巳・高野史男の諸教授に厚く御礼申上げます。また，筆者の恩師故多田文男東京大学名誉教授に心からの敬意と感謝を捧げます。更に，多くの調査資料の提供と有益な教示を頂いた室蘭工業大学の山口久之助教授に感謝の言葉を申述べます。

なお，本研究は昭和52年度に東京教育大学に提出した博士論文の一部を更に要約したものであることを申添えます。

註

1)　鳥居栄一郎(1979)：十勝川下流地域の地形と水理地質，日本地下水学会会誌，21(1)，(39)

2)　表在地形面とは聞きなれない成句かもしれないが，後述の埋没地形面と対象的な地形面という意味で名付けた。

3)　岡崎は1978年現在，東釧路層は下部洪積統であるという見解を維持している(談)。すなわち，東釧路層の上位に釧路層群の達古武層・塘路層両層が位置するとしており，全く松井の見解と相入れない。松井は東釧路層と達古武，塘路両層との関係を全く説明していないので，いずれが正しいかは今後の精査を要する。また，第三の見解として東釧路層のうち K_2 層は達古武層，K_3, K_4 層が塘路層に対比されるという考え方もあり得る。ここでは一応最新の説として松井に従うが，松井の見解も将来是正されることもあり得ることを申添えたい。

4)　岡崎は1978年現在，湊の考えを批判して釧路面は標高40m 内外の面だとしている(談)。筆者は釧路地域の国土基本図（1：5000）にプロットした露頭図から判断して，釧路面の高さは20〜25m 位が妥当と判断する。なお，湊の称する10〜15m 面は20〜25m 面の侵蝕面という意味では認め難い。(K_1, K_4 層が泥層のため，礫層の K_2 層や砂層の K_3 層や K_5 層（大楽毛層）に滞水した水で台地はしばしば崖くずれをおこし，標高10〜15m にあたかも地形面があるように見えることがある。）ただし，筆者は東釧路層の K_2 層，K_3 層の不整合面としての10〜15m 面の存在を埋没地形面として認めたい。

5)　釧路面IIとしてはやや標高が低いけれども，後述する大楽毛—塘路湖を軸とする造盆地運動により，標高がやや低下したものと推定される。

6)　SO_4 については山口ら（1973）による。

7) ここでは釧路原野地域についてのみ述べるが，同様な分析は冒頭に述べた北海道の各地域について
実施しており，その結果から各地の主要帯水層の比較も行なっているが，今回は他地域の主要帯水層との
比較についての記述は省略する。

8) 大部分はその時期における北海道地下資源調査所ならびに北海道開発局の集収資料と重複する。他
，北海道農地開拓部の集収資料が一部加わっているにすぎない。

9) ここで沖積統とは後氷期堆積層（Wh_2 極相期以後の堆積層）と定義する。

10) 筆者の研究によれば，明確に一定の傾向が見出せるのは扇状地地域に限られている。すなわち，石
平野の豊平・発寒両扇状地の調査結果では，沖積・洪積両扇状地とも，細粒層より粗粒層の方が厚いと
う傾向が現われている。

11)，13) 第11図，第12図のばらつきの原因は使用資料の測定値の精度，ストレーナの位置及び目づまり
程度，揚水時間の長短による比湧出量の相違などによる。

12) 等しい水位降下に対する井戸径2r と揚水可能量 q との関係については SMREKER の理論式
$(q_1/q_2)=(r_1/r_2)^{1/3}$ がある。この公式では両者の関係は帯水層の良否に無関係であるが，現実には帯水層
の良否に極めて深い関係があり，この式は現実にあわないので，第11図のような方法を採用した。

14) 第13図のばらつきの原因は第11図の場合の原因の外，滲出率の適否が加わる。

文 献

北海道開発局農業水産部(1969)：営農用水対策調査，試掘井戸資料.
池田俊雄(1964)：東海道における沖積層の研究，東北大地質古生物教室研究邦文報告，第60号.
経済企画庁総合開発局国土調査課(1962)：全国地下水（深井戸）資料台帳，北海道編.
北川芳男・斉藤昌之(1963)：5万分1地質図幅「標茶」及び同説明書，北海道開発庁.
松井 愈他(1976)："釧路統"について，日本地質学会講演要旨.
湊 正雄(1966)：日高列島最後の陸橋，地球科学，85，86.
――他(1967)：北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究，第2編，北海道防災会議.
岡崎由夫(1955)：釧路平原沖積層における介化石の産状，北海道地質要報，28.
――(1960)：釧路平原とその周辺の地形発達史，地理評，33(9).
――他(1965)：5万分1地質図幅「尾幌」及び同説明書，北海道開発庁.
――他(1966 a)：5万分1地質図幅「大楽毛」及び同説明書，北海道開発庁.
――(1966 b)：釧路の地質，釧路市
大島和雄(1973)：釧路平原の沖積世地盤変動について，1973年6月17日根室半島沖地震調査報告.
酒井軍治郎(1941)：地下水調査法，(p. 100～p. 101) SMREKER の理論式について，古今書院.
阪口 豊(1959)：北海道の新しい地質時代の地殻運動，地理評，32(8).
阪口 豊・大竹一彦(1958)：釧路泥炭地の構造と埋積段丘，資源研彙報，48.
田中章介・蟻川親治(1960)：北海道釧路市周辺地域物理探査，地質調査所月報，11(8).
鳥居栄一郎他(1963，64)：釧路泥炭地とその周辺の水理地質について(上)，(下)，応用地質，4(4)，5(1).
――(1968)：北海道南部の埋積地形について，地理評，41(2).
渡辺 光(1941)：北海道北見山地の地形に関する若干の考察，地理研究，1(2).
山口久之助他(1961 a)：釧路原野臨海地帯の水理地質，北海道地下資源調査所報告，25.
――(1961 b)：本邦主要深井戸地域の水理地質について(上)，(下)，地下水と井戸とポンプ，3(2)，3(3).
――他(1972)：中核工業地帯開発調査資料，釧路地域地下構造および地下水について，北海道開発局長官房開発調査課.
――他(1973)：北海道水理地質図幅第10号「釧路」及び同説明書，北海道地下資源調査所.
山本荘毅(1964)：被圧地下水の賦存量に関する考え方，水処理技術，5(2).
ECKIS, R. (1934) : *Bull. Calif. Div. Water Resources, Sacrament.* 45.

(1979年1月29日受理)

地学雑誌 88, 3 (1979)

本邦における大正期以降の地質学・鉱物学の発達
—坪井誠太郎先生を囲む座談会—

日本地学史資料調査委員会

Development of Geological and Mineralogical Study in Japan since Taishō Period (from to the present)
—A Discussion Meeting around the President of Society—

Comittee of History of Japanese Earth Sciences, Tokyo Geographical Society

まえがき

東京地学協会ではその事業の一つとして日本における地学の歴史を各方面より検討して，その資料を取りまとめる目的をもつ日本地学史資料調査委員会を設置して作業を進めているが，その一つとして御経験の深い方々に地学の歴史に関する御話をうかがい資料の一つとして取りまとめる事を行なっている。今回はその第一回の企画として坪井誠太郎先生に我が国における明治初期よりの地質学，鉱物学の発展の歴史を当時の外国の事情とも対比を行ないつつお聞きすることとした。お話をうかがう方々の人選は大体それぞれの方々の年次のことを考え，また坪井先生の御専門のことも配慮して，委員会において次の四名にお願いすることとした。すなわち末野悌六，渡辺武男，木村敏雄および諏訪彰(敬称略)でありその世話係を湊がお引受けし，速記者を依頼して原稿を作成した。場所日時は，旧東京地学会館会長室であり，昭和52年11月19日午後である。その後原稿に数回坪井先生に手を加えていただきこのように取りまとめた。企画者としては我が国の地学発展史上有意義で興味深いものと考え今後も機会を作り続行する予定である。

（湊　秀雄記）



写真 1　旧館会長室での対談風景，右より諏訪，渡辺，坪井，湊（敬称略）

座談会出席者：坪井誠太郎，渡辺武男，諏訪彰，湊秀雄

湊　それでは坪井先生をお囲みしましての地質，鉱物の地学史関係のお話を承ることにしたいと思います。テーマはあらかじめ，きょうご参加いただきました渡辺先生，諏訪さん，さらにまた御出席不能の末野先生，木村さんからも御提出いただきましたものを取りまとめまして用意したわ

ざいます。もちろん，この順序には進行し
思いますが，大体このような流れで先生に
お願りたいと思います。

最初に渡辺先生から御提出いただきました
「坪井先生東京大学在職中の岩石・鉱物・
研究状況」を伺うことになっております
辺先生よろしゅうございますか。

岩石・鉱物・鉱床と限ったように書きま
けれども，実際は東大の地質学教室の状態と
ういった広い意味でお話しいただければ幸
ざいます。

私が地質学教室に学生として入学したの
3年（1914年）です。しかし，そのずっと
小学生であった頃，明治37～8年の頃に
公開の催しがあった。今の五月祭の公開と
ちがう大学としての催しだったと思いま
門の近くにあった地質学教室を見た記憶が
す。別に地質学教室をめざして見たわけで
見学したもののうちに地質学教室のあっ
と今おぼえています。正門近くの二階建て
ガの建物で，一階が地質学教室，二階が動
教室だった。

ときの印象を申しますと，動物学教室も地
室もミュージアムが中心だったんです。標
大きな部分を占めていた。それから私が入
頃の地質学教室・鉱物学教室は弥生門のそ
旧講堂の東北にあった。木骨赤レンガの建
た。これは渡辺君はご存じでしょう。

ええ，知っております。

大正3年というと，私共は生まれる前で
）

そうですか。あすこには昭和9年までい
た。その建物はコの字型になっていて，西
地質で東南側が動物の教室なんです。その
地質学教室の先生は小藤先生と横山先生と
っきり，それから鉱物学教室の先生は神保
1人。学士の助手としては，地質学教室に
さんがおられた。それっきりなのです。あ
書や技術の職員と小使（用務員）2人だけ。
ら薄片工は3人いました。

大正3年というと桜島の大噴火の直後で



坪井　そうです。あのころは学年の始まりが9月だったです。その頃は旧制中学校から旧制高校に入るのに大難関があったが，大学に入るのには試験のないことが多かった。地質学科の志願者に対して入学試験のあったのは，大正2年がはじめてでした。大正3年私の入ったときは，定員8名に対し志願者が9名で入学試験がありましたが，試験は非常に簡単で，「英語」と「地質学大意」とだけでした。合否の決定は試験を受けた翌日発表するということだったのですが，あとから聞いたところでは，9人の志願者があったけれども受験者は8人で1人欠席したのだそうで，受験した者8人は，みんな入学許可になったのです。試験の行なわれている最中に“入学許可”の掲示が用意されたのだそうです。（笑）

それから入ってからどうだというと，授業時間というのは，わずかしかない。あのころ先生方の考えでは，大学はめいめいが自分で勉強に来るところであって，本を読むなり，自分で実験するなりして自分で勉強する。大学はそういう環境や場所を与えるのだということであったらしい。中学校や高等学校とは，その点でちがう。勉強させられていた今までの学校とちがうので，勉強する人は勉強するが，勉強しない人は勉強しないという有様でした。

明治時代の地質学教室とちがって，新しい教室には標本室がなくて，標本は普通の部屋に無理に詰め込んであった。前の教室を知っておられる方のうちには，標本室のないことをなげいていた方がありました。それから講義なんかも，時々時間表と無関係に行なわれました。いきなり「これから講義する」といわれることがあった。休みの日となっているのに，講義があるということもありました。大学はおよそ“学校”ではない感じのところでした。理学部のことを当時は“理科大学”といった。理科大学のうちのよその教室の学生との交流もありました。全体として学生の数が少な

かったからですね。それから私が入ったときが大正3年ですが，大正元年に東北大学の地質学教室にはじめて学生が入学したので，東北大学はまだ1回も地質の卒業生を出していなかった。当時，大学で地質学教室のあったのは，東京大学と東北大学の二つっきりでした。東北大学の矢部先生がいつもエキスカーションの途中に学生をつれて東京大学を訪問され，両大学の合同の談話会をやったり，小藤先生が歓迎特別講演をやったりされた。とにかく東北大学の地質学教室と密接な交流があった。私が東大の1年生のときに，渡辺万次郎君が東北大の2年生，早坂一郎君が東北大の3年生だったのです。人数が少なかったので，このお二人とは学生時代から親しくした。それから毎月曜日の晩に山上御殿で地質談話会があり，卒業生の先輩も見えたので，談話会に出ると，地質学界の消息が知られた。

濱　当時京都大学はどうだったんですか。

坪井　京都大学の地質鉱物教室はずっと後。私の大学卒業後にできたのです。

渡辺　その時代には地質学会，地学協会はあったわけですか。

坪井　もちろん両方ともあったんですけれど，地質学会と地学協会の関係は私は知りません。

そのころ地質学会はどんなものだったかというと，毎月1回講演会があった。ところが，あの当時地質学会の会員は，専門家でない者を入れたって百何十人くらいだった。そのうち専門家は少数です。学会の例会では，先生方から指名された会員が，先生の命令によって講演するという有様でした。今では想像もできないことですが，その頃は演壇に立って話をするなどいうことは，よほどの大家のほかはやるべきでないという空気が社会にありました。だから，先生が命令して講演させたのです。

渡辺　雑誌はどうだったんですか。

坪井　雑誌に出たのも原著論文だけでなくて，新知見の解説のようなものもあった。雑報なども外国の本で読んだものの紹介がたくさんあった。研究発表雑誌というよりも，地質学関係の事柄を取り扱った専門家向きの雑誌という感じであった。学会が本当に学会らしくなったのはずっと後です。

大正15年（1926年）に日本で太平洋学術会議が開かれ，外国から来た大勢の学者が，会議の席で研究を発表し，それに対しさかんにディスカッションが行なわれた。あれが一つの刺激になった。

それからもう一つのキッカケは大正9年（1920年）に加藤武夫教授が戸畑の明治専門学校から東京大学に転任されたことです。小藤先生，横山先生，神保先生のような老大家と若い者との間に大きなギャップがあった。そこに中間の若い先生が来られたので，地質学社会の様子がディスコンティニュアスリーに変わった。その前は，とうてい今の方には想像できない状況の“大昔”だったのですが，これで今の方にもどうやら想像できる“[illegible]”になったんです。

濱　それからが“昔”なんですね。（笑）

坪井　それから私は大正10年（1921年）に外国に行き帰ってきたのが大正12年（1923年）の[illegible]東震災の直後なんです。

諏訪　いま先生お帰りになったのは大正12年というお話ですけど，そうすると関東震災のときはまだ外国におられたわけですか。

坪井　私は関東震災のときは，マルセイユで船に乗り，日本に帰る途中だったのです。あの頃は，ヨーロッパから日本まで40日くらいかかったんです。船中で地震の報を聞いて，非常に心[illegible]しながら帰り，10月，私が外国から帰ってきて，加藤さんと私とで地質鉱物学科のカリキュラムを新しくしたのです。

濱　それからいまの形態が芽生えたんですね。

坪井　それからもう一つエポックメイキングなことがあったのです。それは高等学校（旧制）の制度が変わって大正11年入学者から，学生の素[illegible]に変化が生じたことです。それよりも前の高等学校では，大学での専攻する学科によって，非常に偏った教育が行なわれていたのです。それが新[illegible]度で改められたのです。基礎素養が偏っていると，型にはまることになり，殻を破って伸びることがむずかしくなる。それが改められて，大学に入ってくる学生の素養が変わった。こんなようにして，ディスコンティニュアスな変化の起こったのが，偶然ですが，たまたま大正と昭和との境のあ

たのです。

研究発表がさかんになったのも，その頃
す。加藤教授が地質学会の会長になられ
ひとつ冒険をやろうじゃないかといわれ
冒険とは何かというと，講演を募集しよ
ことなんです。それが冒険だったんです
募集に応ずる人がないかも知れないか
今の方には想像できないことでしょう。
集に応じた人があったんですが，これは
ことだったのです。

そのころの欧米の学界の気風はどうだっ
か。

私が入学した大正３年は第１次世界大戦
のですから，ドイツと日本とが連絡がな
しまった。従ってドイツを中心とするヨ
の学界の様子は何もわからなかったので
リカはあの頃は今とちがってまだ学問で
だった。アメリカは第一次世界大戦前
ツに依存していたものがたくさんあっ
器械などもそうで，アメリカではオプティ
スなどできなかったのに大戦になって，
絶たれ，ジオフィジカルラボラトリーな
となってオプティカルグラスの研究をし
た。アメリカで学問がさかんになったの
次世界大戦でドイツと絶縁されたために
とが一つの要因だったのだと思います。
れではいけないというので，戦後には，
らでもどこからでも有能な学者を招い
隆盛の下地を作ったのですね。

うわけで，かってのアメリカはヨーロッ
なかったのですけれども，新しい岩石学
限りは，ワシントンのジオフィジカル・
リーが世界をリードしていましたね。ジ
カル・ラボラトリーができたのは1907
大学に入ったのは1914年ですから，ちょ
されて７～８年たったときです。私は，
って，アメリカンジャーナルなどに出る
ジカルラボラトリーの研究論文には強い
じました。さっきいったように，当時の
室では，学習はほとんどめいめい自分で
ことによっていたのです。大学で鉱物学
の授業はどんなだったのかというと，鉱物学の教科はごくエレメンタリーのクリスタル・モーフォロジーが主でした。それから鉱物の実物標本に接する機会が与えられました。新購入のゴールドシュミットのトゥーサークルゴニオメーターが一番目立った器械でした。岩石学の教科では初め WEINSCHENK の本の順序で偏光顕微鏡の使い方を学んだのですけれども，ほとんど全くプラクティカルの面ばかりでした。結晶のプラス・マイナスをきめるとか，エキスティンクションアングルを測るとか，プラクティカルな方法を習うのが主でした。造岩鉱物の鏡検も，今のように理詰めでやるのでなく，経験を積んで上手になるという行き方でした。それから，プラジオクレースはソリッドソリューションだということもまだ誰にも異論のないようにはエスタブリッシュされていなかった。

濱　外国ではそのころもう明らかにしてたんですか。

坪井　外国でも同様でした。誰でも知っているようにたとえばアルバイトとかオリゴクレースとか，アンディシンとか，は初めはそれぞれ別々のミネラルと思われていた。あのころ，それをコンティニュアスのシリーズだとする説が有力でしたが実験的に確かめられていなかった。それで1904年にデーイ（DAY）とアルレン（ALLON）が実験をやった。ジオフィジカルラボラトリーのできる前のことで，こういう研究が効果をあげるかどうかのテストとして行なわれたのです。

渡辺　ソリッド・ソリューションのシリーズがわかっていて，それが分類されたっていうんじゃないんですからね。

坪井　当時は，そういう問題に関心や興味をもったのは，日本に限らず，世界のジオロジスト中の例外だったんです。ソリッド・ソリューションという言葉さえも知らない人が多かった。アイソトープということを今ではだれも口にするけれども，その頃は ASTON の研究の出る前だったから，当然誰も知らなかった。私は，在外中に ASTON の本ではじめてアイソトープというもののあることを知ったという次第です。

顕微鏡下にミネラルを見る時は，ダブルレフラクションが高いとか低いとか，エキステンクショ

ンがストレートかオブリークかとか，そういうことで鑑定はしましたけれども，鉱物のオプティックスを本格的にしらべたのではなかった。日本に限らず，外国でもそうでした。LACROIX などはご存じのように顕微鏡を使うことが非常に達者でしたけれど，その使い方は，今のとはちがっています。

そういう時代に私どもにとってたいへん幸せだったのは，物理の中村清二先生のクリスタルオプティックスの講義を聴くことができたことです。しかしこれは顕微鏡観察とは無関係に行なわれたのです。私はこの講義のおかげを蒙ったことが多く，その点実にありがたく思っています。

渡辺　日本では岩石の顕微鏡観察とオプティックスのくっつかなかったのはどういうわけですか。

坪井　中村先生は岩石研究と無関係にオプティックスをやられたので，顕微鏡にはあまり親しんでおられなかった。

渡辺　中村先生は外国に行かれたときオプティックスの研究をやって，鉱物の雑誌に論文を出してますね。

坪井　そうですね。中村先生は地質学に興味を持たれ，毎月曜日夜の地質談話会にはしばしば出てこられていろいろ話をされた。

小藤先生は，濃尾地震を契機にして明治24年にできた震災予防調査会の委員であって，火山の研究をしようという計画を立てられ，岩石関係の地質学科の学生に，卒業論文の仕事として各地の火山調査をさせた。そのおかげで日本の火山の地質と岩石とについての知識は，非常に豊富になりましたね。これはあの当時の東大の地質学教室の学風をなしたのです。これは世界的に注目に値すると思います。現在の日本の火山についての知識，ことに岩石の性質についての知識は，七，八十年も前における小藤先生の構想に源があったといえます。

火山調査をするにしても，岩石を顕微鏡で見ることにいちばん重点が置かれていました。ただ，さっきもいったように，造岩鉱物を理詰めでしらべるのでなくて，経験をもとにして決めていたのです。

渡辺　それでいて記載が間違ってないんですね。

坪井　あの当時，小藤先生の時代でもマイクロスコーピックペトログラフィーに日本の大学ほど力を入れたところは少ないと思います。ただしあの当時は新しいことを発見するよりも既知のものと同定することを心がけたものです。

渡辺　既知のものに合わせるんですね。

坪井　何でも既知のものと合わせてきめることを心がけていたのです。

渡　一つ一つ個々の鉱物としてきめていくわけですね。

坪井　あの当時地質学科の学習課程は実に簡易なものでしたが，入学して一年たつとフィールドを与えられました。あんな学習だけではフィールドを理解することができないので，課程とは別に，自主的に勉強しなければならなかったのです。教わることが軽微で，自主的な勉強が主であった。

渡辺　大学で講義によってではなくて，そういう環境において学生のめいめいのみずからの勉強で….。

坪井　ええ。そうです。それからあの頃は，東京大学の地質の人と東北大学の地質の人とは始終接触していた。神津先生も冬は健康上の都合で東京に来て，東京の地質学教室に出入された。

渡辺　そういう自分で勉強をなさいました時代を若干過ぎてから外国に行かれたわけですか。

坪井　外国に行ったのは地質学第一講座担任の準備のためだったのですが，第一講座はもともと地質学と岩石学と両方を含んでいたのです。「地質学及び岩石学研究のため英米独に在留を命ず。」という辞令をいただいたのです。ですから両方をやることが義務づけられていたのです。そのほかに私は自分の素養に大きな欠陥のあることを知っていたのです。それは，私は，旧制高等学校の二部乙を出たので，物理の測定実験のようなものを学習する機会が全くなかったのです。そういう欠陥を自分で感じて，とにかくそれを補う勉強をしようと思ったんです。それでシカゴに行ったら，有名なマイケルソンが物理の先生で，シカゴ大学の物理学教室にオプティックスの精密な測定実験

うコースがあったのでそれをやらしても
た。

なぜシカゴをお選びになったんですか。

シカゴの地質学教室は，T. C. チェンバ
って創められた非常に特徴のある教室
先生のおすすめもあったのです。今も特
とご存じのとおりです。昔の特徴とは
ですけれども。小藤先生はチェンバリ
あったようです。小藤先生はチェンバ
書に書いてあることに相当する実例を
ロジーのうちに求められていたようで

ういう意味では日本はジオロジーのコ
スが発達していたわけですね。

の学生の頃，東大のペトログラフィは
した。日本の岩石はドイツの岩石とち
然であるのに，ドイツのものを基準と
ありました。

然違う話になるんですが，デイサイト
岩という訳名になっているために，名
安山岩の一種くらいな印象を受ける。
うとまた別なものみたいな感じを受け
高校で教科として教えるのも流紋岩と
武岩と三つある，というかっこうで教
ね。現在の活火山で出てくる印象もた
火山も石英安山岩より構成される。そ
，どうして石英安山岩となったのか‥
し違った名前にしていただくとわかり
うんですがね。

うですね。デーサイトを石英アンザン
がありますが，私は使いません。あれ
す。ご存じのとおり私は火山岩の命名
ドマスによることを主張していますか
ンザン岩のフェノクリストル石英があ
ンザン岩といいますが，そうでないの
トと呼んでいます。

や高校の話が出ましたが，日本の中等
教育で，"地学"というものの特質，
現象が地域によってちがうということ
ほしいと思います。何でもが普遍的だ
でもない誤解をしないように注意して

日本の地学的現象には，西洋のそれとどのように異なるかを詳しく追及するようになったのは比較的近頃になってからのことです。ことに，そういうことが非常に大切な意義をもっていることを痛切に感じ，それが強調されるようになったのは，私の大学卒業より後のことなんです。昔はドイツがスタンダードであったような扱い方があった。

渡辺 だからそれに合わせろと‥‥。

坪井 合わせるという以上に，合うものだと思い込んでいた人もあったようです。

その頃大学を卒業してよく勉強していた人は，日本のものがいわゆるスタンダードとちがうことに気がついていたのですね。それを重要な発見と見るよりも前に，スタンダードに合わないことを悩んで困ったのですよ。(笑)　今では信ぜられない話です。

東北大学の矢部先生にしても，初めはドイツをスタンダードにしておられた。ところが，大正になってからアメリカのジオロジーのやり方の特徴を強調された。矢部先生の秋津・高千穂・瑞穂・敷島という新生代区分はその産物の一つと思います。

その頃の東京大学には矢部先生流のジオロジーをやっている人はなかった。大正12年卒業の小沢儀明君が矢部先生に接し，その影響を受け，後に講師になって東京大学でも，層位・構造の研究が始まったのです。それから大正時代に京大に地質学教室ができ，小川琢治・中村新太郎・松山基範等の方々によって特徴ある学風がつくられた。

日本の地質学界で最近は立派な業績が続々と出ていることはご存じのとおりです。しかし昔でも当時としては第一流のものがありました。岩石・鉱物の方でいいますと，たとえば，小藤先生が明治17年に"Quaterly Journal"に出された日本の火山岩の論文があります。あれの出る前にはNAUMANNが日本の火山岩をトラカイトだと思っていたのです。それから，菊地安先生が，東大の紀要に出された三宅島アノーサイトの論文，コーディーライトの論文など本当にすばらしいですね。しかも菊地先生は外国に行かれたことのなかった方だそうです。それから地震学の大森先生，

関谷先生，地球物理学の田中館先生なども大したものだと思いますね。

日本にとって非常に幸せと思うことは，日本では昔から学問というものが尊重されていたことです。その点では現在の発展途上国や，かってのアメリカとちがっている。

渡辺 明治になる前から学問が尊重されていたわけですね。

坪井 現在の発展途上国では，かってのアメリカと同様に学問の実用面に関心が強いようですね。日本ではそうではなく学問を学問として尊重した。徳川時代からそういう空気があった。

湊 学問的によき日本を培ってきたわけですからね。

坪井 そういうことに対して感謝や誇りを日本でみんなにもってもらいたいと思うね。

日本が明治時代に西洋の文物を移植したにはちがいありませんが，その移植したものがそのままで今に伝わっているのでなくて，その移植したものから発展して新しくできたものがたくさんあるもの。ジオロジカルのものにもそういうものがあって，それはもはや外国のものではなくて日本のものなのです。その意味での日本的な学問がある。そういうことを一般社会のだれでもがよく知ってほしいと思います。



渡辺 スペシフィックな問題ですけど，いま盛んにプレートテクトニクスの問題がありますね。それのもう一つの前身にウェゲナーのコンチネンタルデュリフト，あれが有名になったのは1920年前後ですけど，先生達のお耳に入ったのは何時頃ですか。

坪井 ウェゲナーの本が発行になったのが，1920年前後で，あれで有名になった。一般社会人のうちでも耳の早い人はあのころ知ったようですね。ところが私があれを初めて知ったのはもう少しおそかった。1922年頃イギリスで耳にしましたが，私自身はあまり関心をもたなかった。日本では，私の外国にいた間の留守中に宣伝されてはやたっらしいですね。私は日本に帰ってきたらあれが有名なんで驚いたのです。イギリスの誰だったか忘れたけれども，“あの説は漠然としてヴェーグだ”と言った人があった。そうしたならば，もう一人の人が“それはヴェーグナーだもの”と言った人がありましたよ。(笑)

そういうふうに有名であったけど，本気で取り上げた人は少なかったようです。

日本だってむきになって取り組んだ人がいたかどうか知りませんが，寺田寅彦先生は気にいっていたようです。それからウェゲナーきらいに見えたのは矢部先生でした。矢部先生は目のかたきにされていた。それで小沢儀明君がちょっと口をすべらしてウェゲナーを引用したことがあったところ，そのあとで矢部先生が“それだけのことでウェゲナーにかぶれては困るね”と言われた。(笑) 私は外国でウェゲナーの評判はどうだということを小藤先生から聞かれたことがあって，さっきのヴェーグの話をしたことがあります。

しかしウェゲナーの説は幸運でしたね。あのような思いつきが今になって当ったことになったのですから。それに関連して，松山基範さんの岩石の磁気の論文が近頃になって急に注目され出したでしょう。こういうことになるとは松山さんは夢にも思わなかったでしょうね。しかしあれは貴重なデータでしたね。

湊 むしろ松山先生の方が具体的な話になっていたのですね。

渡辺 地理の北田宏三という方が大分前にウェゲナーの論文を訳していますね。

諏訪 ウェゲナーはさっきの話のようにみんなに拍手喝采されなかったわけですから，不遇のうちに亡くなったんですね。

坪井 現在プレートテクトニックスが大ばやりだけども，どうなんですか。

湊 万能薬ではないんですね。

諏訪 非常にきめこまかく現実にいろいろ地域別にあたっていくと，さっきの先生のお話じゃないけど，大きい流れとしてはそんなことがうまく合うんだけど，たとえば日本列島の西南日本がどうだというようなことになってくると，どうして

こうなってるのかと‥‥。

渡辺　まだそこまでつながらないようなところは残ってますね。だけど，いままでバラバラにあったものを一つにつなげようとすると，ああいうハイポセシスを持ってこないとなかなかつながらない。そういう意味ではつなげた功績はずいぶんあると思いますね。

諏訪　だけど無理にこじつけてつなげているのが相当あるんですね。インド大陸がアジア大陸にぶつかってヒマラヤ山脈ができた，同様にしてフィリピン海プレートが伊豆半島を抱えて前面に出して，そして日本列島にぶつかったと。あの辺のことが，いま駿河湾の地震説だとかいろいろありますから，その辺すごくデリケートになって‥‥。

渡辺　しかし，いまの松山先生の仕事が一つの関連を持っているというのも，おもしろいですね。

坪井　松山さんの研究があの当時どんな意味をもっていたのか知りませんけど，データというものは非常に貴重なものですね。プレートテクトニクスもあの考えのもとが，マグネの解釈にあるという点では感服しますね。その意味でプレートテクトニックスそのものは尊重したい気持です。けれどもあれの適用のし方には感服できないものが多い。

渡辺　そうですね。いまただデータとして出ていることがあと何年かたつとどのくらい大きな意味を持ってくるかまだわからないのもたくさんありますでしょうね。

坪井　だから，データを尊重しなくちゃいけないですよね。

濱　そして尊重できるような正確なデータを出しておかなくてはいけないですね。

渡辺　また元に戻りますが，坪井先生がシカゴにいらして，それからイギリスに向かっていらっしゃったまでの間の経路はどうだったのですか。

坪井　シカゴでは，グラデュエートスチューデントに対してのスクーリングの方法をたいへん面白いと思いました。特異なやり方なんです。講義をきかせるのでなくて，地質に関するスペシャルサブジェクトを掲げ，それに関する文献を列記したリストを学生に渡し，学生はそれによって図書室で文献の勉強をする。そして教室に出る先生は学生一人一人に質問して答えさせるのです。そういうやり方ですが，これは一つの方法だなと思っています。学生が授業に出るための準備がたいへんなので，学生は一日に3科目くらいとるのがせいぜいというところですね。

それから日本と違って学生の勉強目的がまちまちであることを感じました。たとえば官吏を養成するとかいうような共通な目的を持ってやっていない。大学の理念が日本とちがう。資格をとっても取らなくても，学位をとってもとらなくても，めいめいの勝手で，日本のようにだれでもが卒業をめざしているのと様子がちがう。これは，その頃のシカゴ大学がそうだったということで，今どうなのか，また他の大学はどうなのかは知りません。それから私はワシントンに行った。かねてからジオフィジカルラボラトリーの仕事に非常にインテレストを持っていましたから，できればあそこで研究したかったのですが，その頃のジオフィジカルラボラトリーはいまと事情が違っていて，外来者を受け入れない閉鎖方式のところでした。ですから実験したり研究したりすることはできなかったのですが，それでも所長 Day の特別の好意で，私は思うままに自由に出入りすることを許された。ワシントンには，博物館もあるし，ペトロジストクラブがあるし，4か月くらい滞在して，Bowen, Washington, Merwin, Larsen, Fenner, Eskola 等の人々と親しくし，楽しい毎日を過ごした。皆と一緒に泊りがけのエキスカーションにも行った。

ジオフィジカルラボラトリーが今のように外来研究者を受け入れるようになったのはずっと後のことです。

渡辺　あの時代に Wright はいたのでしょうか。

坪井　在職していたのです。しかし Wright は私のいた頃には，ワシントンにいなかったので会う機会がなかった。

ワシントンでの数カ月は，全く楽しかった。私の交際したアメリカの学者，研究者達がみんな胸襟を開いて全くあけっぱなしでしたね。それでいてめいめいの職務の権限を尊重してそれを侵さな

い。ああいう空気は実際いいね。それから，その時でなく，1933年に行った時のことですが，BARTHが研究所にいた事があって，私はBARTHとも親しくしていたんです。BARTHはそれからノルウエーのプロフェッサーになったでしょう。そのときBARTHの弟子のRAMBERGが去年の11月にアメリカのGeological SocietyのDay Medalをもらったのですが，その受賞式でRAMBERGの挨拶のうちにBARTHのアメリカ式の態度を称賛し感謝しています。

今年（1977年）の11月には，日本の都城君がDay Medalを受けることになっているときいています。実によろこばしい事ですね。

諏訪　先生がシカゴなりワシントンなりに行かれたときに，東洋人でシカゴ大学に来ていた人なんていなかったわけですか。

坪井　それはいましたよ。けれども，アメリカではいろんな人種がいてあまりそういうことを気にしなかった。アメリカで知り合いになった人ではフィリッピンの人もいたし，オランダ人もいた。それでも私はそういうことなど全く気にとめていなかった。

日本みたように人種が一色の国というのは世界中で稀ですからね。

学問に関する限りでは，人種的な意識はあまりもたない方がよいと思う。

諏訪　ごく最近はかなり交流が盛んになってきていますけれど，日本では外国人だから別格というか，少し親切にしすぎる面も含めて外国人だからあまく見よう，留学生だからこの程度まで理解していればいいことにしようとか，そういうあまさが一般にはあるんですね。だけれど，いま伺ったようにアメリカでは留学生だからどうだというようなことはないんでしょうね。

坪井　横山先生がドイツに留学しておられた頃は，国際親善の目的で外国人を大切にしたそうです。そういうことは今でもあるようですね。たとえばドイツとかフランスとかいう国は，日本の人がその国に接触すると政府が非常に喜んでいろいろ栄誉を与えてくれるようですね。栄誉を与えるということは，特権を与えることとはちがいますから，国際親善の目的でそうしてもよいという考えなのでしょうね。

アメリカでは誰もあけっぱなしの態度でした。何でもむずかしいことをいわなかった。しかし，いけないことに対して“まあまあ”ということはなかった。

それから以後，ずっと東部の大学を訪問して歩いたのですよ。その中にいろんな印象がありますがね。印象の深かったのはプリンストン大学とミシガン大学ですね。エールもハーバードもコロンビア大学もあの辺の有名な大学にはみんな行ったんですけれど，あの当時アメリカの大学のうちでミシガン大学の鉱物の教室は当時としては第一に数えてよいと思った。あそこの大学にはドイツ人のKRAUSという先生がいて，“American Mineralogist”を創刊された。その頃のAmerican Mineralogistは薄っぺらい小さな雑誌なんで，イギリスの“Mineralogical Magagine”なんかとは比べものにならなかったのです。それでKRAUSさんは「これは非常に大事な雑誌なのだ。これが今にますますすばらしい雑誌になる」といわれたのです。その時私は，実は内心そうは思わなかったのです。ところが，御存じのとおりあの雑誌は今では世界の鉱物学の中央雑誌の一つとなっている。それで，私が1956年メキシコでのコングレスの帰途ミシガン大学に寄って，KRAUS先生に会ったとき，昔の私の感想を白状して，“実はAmerican Mineralogistがこんな重要なものになるとは予想しなかったが，今ではこの雑誌なしではいられないようになりましたね”といったところ，KRAUS先生は大いに喜んで，“その言葉をもう一度繰返して言ってくれ”といわれた。さらに“もう一度いってくれ”といって三回同じことをいわされた。（笑）KRAUS先生は大喜びで手をさしのべて私に握手を求めましたよ。

それからプリンストンではSMYTHという岩石学の老先生がいたのです。その先生に会っていろんな話をしていたら，その先生が言うのに「私は今の新しい学問の話は相手ができないほど年をとってしまった。だけれど自分は何年か前に岩石学は今にこういうふうになると言うことを予言した。その予言の通りに今なった。先見の明があっ

たのだと。」と言うのですね。そして，その頃 Geophysical Laboratory にいた BUDDINGTON をプリンストン大学に招いてプロフェッサーにするのだと言われた。それから数年後，1933年にワシントンのコングレスの時，私は BUDDINGTON に会ったので SMYTH から聞いた話をしたところ，BUDDINGTON は「実は未だアシスタント・プロフェッサーなんだ，いつプロフェッサーにしてくれるだろうな」なんていっていましたよ。(笑)

これには未だ後日談があるのです。私はその後も BUDDINGTON と学問上で接触を保っていましたが，或るとき BUDDINGTON が手紙をよこして「自分の弟子に HESS という非常に有望な人がいる。あなたのメーリングリストの中に HESS と入れてくれ」といってきたのです。それから私は HESS との交流も始めたのですが，やがて HESS は東大でのパイロキシンの研究に関心を寄せ，私に手紙をよこして，私か久野君かを招きたいといってきました。それで私は「久野君に行けるようにしてほしい」と申し入れたのです。その頃久野君は未だ外国に行ったことがなかったので外国に行くいい機会だと思ったからです。その後いろいろないきさつがありましたが，久野君はとにかくプリンストンに行った。そして HESS と意気投合したらしい。久野君は HESS と非常に親しくし，共著で論文も出した。そして残念なことに久野君がなくなったら HESS も間もなく死んだ。

私はアメリカの東部を巡歴してからヨーロッパに行きました。ヨーロッパは第一次世界大戦直後で，何処もかも疲弊の極にあったのです。ドイツなんかは，日本の終戦直後よりもっとひどかったんですよ。街や家はちっともこわされていなかったけれど。

フランスでも何処でも戦争によって疲れきっていた。イギリスも戦争の影響は受けていたけれども，ケンブリッジの鉱物学教室に行ったらば，私の研究にもってこいのサンプルがあったので，それの研究のため9カ月滞在した。今ある新しい教室ではなく，その前身の教室です。

渡辺 どれが新しい教室なのか私にはわからない。

坪井 前の教室は全然なくなってしまっているのです。私はその頃斜長石の劈開片の n_1 を光の分散を応用してきめそれによって斜長石の組成を知るという方法についての構想を持っていたのですが，それについては当時の既存のデータの外に中間組成のプラジオクレースについてのデータが必要だったのです。当時はそのあたりのデータが欠けていたのです。ところがここの教室には中間組成のプラジオクレースのすばらしい標本があるのですよ。それを使ってデータを出したいと思って，そのことを管理の先生の HUTCHINSON に願い出たところ，即座に許可を与えられ，あらゆる便宜を与えてくれた。それで化学分析から光学測定まであのラボラトリーで行なって，ディスパージョン・メソッドを提案したのです。二篇の論文として Mineralogical Magazine に発表しました。あのラボラトリーのすばらしい標本のおかげなのですね。ミュージアムの重要なことをつくづく感じましたね。

あの教室の当時の本名は Mineralogical Laboratory というのだけれど，その頃俗称ではミュージアムといっていたのです。今は Petrological and Mineralogical Department というんだね。名前も変り，建物も変わったけれども，標本を大切にすることは変わらない。本当に学ぶべきですよ。

イギリスは学問をよそから移植したのでなくて，すべて自然から学んだ，学問を本当に造っていったという伝統がある。日本は大学があって，研究施設があっても，自然資料を納める資料館や学術博物館が甚だしく不備であるのは間違っている。だからそれを是正しなくてはいけないところを，この間「学術月報」に書いたのです。その意味で渡辺君が東京大学に資料館を作られたことは我々の学問に対しての大功績ですよ。あれはとにかく無から生じたのですから。しかし，とても小規模ですからもっと発展させることが急務です。この間の日本の国立科学博物館の創立100年記念に何か書いてくれと言われたときも，そのことを強調したのです。今度の地質学教室，鉱物学教室には標本室が一つも無いのですから，それの補いとして資料館の大拡張が必要です。

渡辺　そうですね。お願いしたいですね。イギリスは先生のお話のようにその点はすばらしいですね。自分の研究だけでなくて，よその国の研究にも関心があってそれを集めるのですね。ケンブリッジには誰がいたのですか。

坪井　その後は LEWIS がプロフェッサーで HUCHINSON はデモストレーターだった。その時地質部門の大学院学生だったのが TILLEY でした。それから HARKER がいた。TILLEY は Sedwick Museum の屋根裏でホルンフェルスを顕微鏡で見ていた。

HARKER はえらい人ですね。もとは数学者でしかもラングラー(数学の優等卒業生)なんです。あの理路整然たる議論には全く魅せられますよ。でも今の若い学生が HARKER の名著 "Natural History of Igneous Rocks" を読んでも，真意を理解することはむずかしいでしょうね。ああいうものの読み方も若い学生に教える必要があると思いますね。あれを当時の背景を知らずに読んだら変なことをいっているなと思う人もあるでしょうね。本を読むにしても，歴史を知らなくてはだめなんですよ。BOWEN なんか本当に理解されていない感があります。孫引きのものを読んで原論文をていねいに読まないから誤解することになる。

イギリスには6月までいて，それからヨーロッパのあちこちを巡歴しました。GOLDSCHMIDT の有名な変成岩の研究地域も見学しました。チューリッヒでは，GRUBEMANN のクリスタリン・シストの薄片を見せてもらった。パリの LACROIX のところに行ったけれどそれはただ訪問しただけです。LACROIX は顕微鏡で薄片を一目見てすぐ鉱物や岩石を決めることができるほど経験を積んでいるのです。1926年日本に来られたとき日本の岩石の薄片を見せたところ，薄片を顕微鏡の下に持っていって，一見しただけでわかってしまう。そういう型の人は現在はなくなっているし，将来も出てこないだろうと思うね。あれはあの時代の姿ですね。それから8月末マルセイユを船で立って1カ月以上かかって日本に帰ってきました。

渡辺　お話伺って，外国の状態と日本のそういう状態との関連とか，それから先生ご自身のものの考え方，どういうふうにやってらっしゃったかということがよくわかりました。どうもありがとうございました。

(1979年2月28日受理)

The Carboniferous Lexicon of Japan, 1978と Lexique Stratigraphique International, Japon et Ryukyu, 1956

小 林 貞 一

系レキシコンは JSC の地質学古生物
委員会の要請に従って，小林勇前所長
所内にその編輯委員会を作り，日本石
家が分担執筆した合作である。その原
IUGS の層位学委員会に提出された
り戻して佐藤茂現所長が地質調査所の
. 258, 47頁，13折込み図表，1978と
た。レキシコンとは言うが本著は辞典
近年の研究成果の収録である。
東北日本の石炭系，西南日本の同系，
石炭系の対比の3章からなり，前2章
8節に分けられ，第3章では日本石炭
部に分けた国内対比とこの2分の境
上下両限についての5節に分けて述べ
,そして各節毎に新しい文献を列挙し，
以後の数件を半頁に追記している。上
を得るのに甚だ便利である。更に新し
て宇奈月の飛驒変成岩類中に石炭紀後
の発見された事をここに補筆してお

シコンに先き立って万国地質学会議の
会の要請で，石炭系研究小委員会（矢
長・藤本治義幹事)が組織され，その成
所長が地質調査所から Carboniferous
Japan. Report Special Number (D),
込図表，1960として出版した。この報
序説，層序(地区別記載)，古生物学・生層位学(植物と8動物類について)，造山運動と火山活動，石炭泥盆両系の境界，二畳石炭両系の境界，結論の7章からなり，文献集として126論文を列記し，1958～59の6件を後記している。その帰結として日頃市・有住・大平・鬼丸・上宝・帝釈・栗木・氷川の8統区分を認め，Etroeugntian, Tournaisian, Visean, Namurian, Moscovian, Uralian の6統との関係を石灰藻・紡錘虫・珊瑚・腕足貝等について述べ，日頃市・有住・大平3統中の塩基性・中性火山活動と中上部石炭系中の輝緑岩の貫入や北上山地の気仙沼・清水・世田米3時階の地殻運動等に及んでいる。この前著を近著と合せて参考するとよい。因みに Phacops bergicus (i. e. Ph. accipitrus), Spirifer verneuili, etc. を含む GOSSELET (1909) の Assie d'Etroeugnt は post-Famennian の Strunian に置かれ (BRINCKMANN, Abriss der Geologie, 1954)，P. bergicus は泥盆系最頂の Wocklumium の三葉虫とされている (G. u. R. HAHN, 1975, Leitfossilien, No. 1).

近著に於いては地区別として北海道渡島半島の石炭系が追加され，指時化石としてコノドントが分帯に参加している。対比では主に珊瑚と腕足貝による中下部石炭系と紡錘虫とコノドントによるビゼー階以上の石炭系との間で若干の不一致があるが，鬼丸統の上で本系を2分して，下段を Dinantian，上段を Silesian に対比する点では一致している。紡錘虫の分帯ではビゼー階上部以上に5属帯と18種帯が，そしてビゼー階と下部モスコー階との間にコノドントの7帯が識別されている。しかし乍ら上宝，長岩，阿哲等の中部諸統の

I, Y., FUJI, N. and OKIMURA, Y.) : New Fossil Discovery from Iida Metamorphic Rocks in the ıki Area, Central Japan. *Proc.* ı *Acad.* 54-B, (6), 41-44.

Northwest Europe		European Russia	
Silesian	Stephanian	Gzhelian	Upper
	Westphalian	Moscovian	Middle
		Bashkirian	
	Namurian	Namurian A	Lower
Dinantian	Visean	Visean	
	Tournaisian	Tournaisian	

時代関係には問題が残されている。秋吉・栗木の両統はモスコー階の下部と上部に，氷川統はGzhelian に対比されている。前著の6統区分から近著の層序区分への変更についての解説がほしいものである。序ながら，石炭系では北上・秋吉両相の対立は甚だ顕著で，目下進行中の私共の日本三葉虫の研究上でも到底見逃し難いものである[2]。

上記のように日本石炭系の標準区分に於いては問題が特にその中部，すなわちナムール階前後にあるのであるが，これは石炭系の西欧の2分割と東欧の3分割とにも関係がある(表参照)。そしてその違いはバリスカン地向斜とロシア剛塊の対立，前者のヘルシニア造山と後者の造陸運動とに関係がある。泥盆石炭紀の造山輪廻はビゼー・ナムール両期間の Sudet 時階に高潮に達して中欧のバリスカン山地を形成し，その背後盆地にヨーロッパの主要炭田が展開した。ビゼー期はまさにこの過渡期であった。海成標準層序は下部石炭系では Dinantian (或は Avonian)であるが，海域が変化してその後は東欧が標準となり，秋吉相の中上部石炭系も東欧の層序に対比されている。

石炭が主要エネルギー源であった前世紀に於いてヨーロッパではこの主要夾炭層には特別の関心があった。1822年に CONYBEARE は石炭系をこの夾炭層に因んで命名したが，これは第三系を除くと白亜系と共に地質系統中で最も古く提唱された系である。W. T. JONGMANNS らは石炭系の

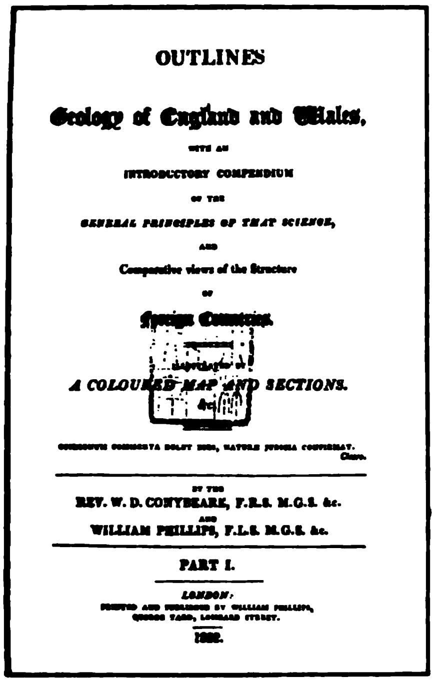
2) KOBAYASHI, T. and HAMADA, T. (1978) : Advance Reports on the Carboniferous Trilobites of Japan. *Proc. Japan Acad.* **54-B**, 45-54.

層位学・地質学会議を催して立派な報告
いる。北米では石炭系の下段を Mississi
段を Pennsylvanian とする2系の取扱
いるが，ここでもこの上段が主要夾炭層
欧米間の対比にも問題がある。この2系
界的には未だ承認されていないが，北米
使用されている。またアジアや西太平洋
夾炭層は二畳紀以降にあるのである。し
系には上記のような意味があるので IG
学委員会や IUGS の地層辞典小委員会
部会では特に諸国の協力を呼びかけ，日
については2回に亘ってこの協力作業を
た。

この PHILLIPS と CONYBEARE の共
地質系統設立の発端を画する地学史上の
典として特に重要である。すなわち，こ
DUINO の3系から WERNER の4岩系
日の地質系統の樹立される第一歩である
著ではイングランドとウエールスの層序
5段階に分けている。該3系，4岩系と
の概略の相関を括弧内に示す。

5. Superior Order (成層岩系最上部
4. Supermedial Order (成層岩系主
3. Medial Order (遷移・成層岩系，
2. Submedial Order (遷移岩系，中
1. Inferior Order (始原岩系，始原

本書の Book III, Medial or Carbo
Order, 233-470頁については233頁の脚註
iy by the Rev. W. D. CONYBEARE
ているので石炭系の命名者が氏のみであ
明らかである。本章の総説ではまず石炭
される Coal Measures, Millstone-Grit,


OUTLINES
Geology of England and Wales,
WITH AN
INTRODUCTORY COMPENDIUM
OF THE
GENERAL PRINCIPLES OF THAT SCIENCE,
AND
Comparative views of the Structure
OF
Foreign Countries.
A COLOURED MAP AND SECTIONS.
&c.
BY THE
REV. W. D. CONYBEARE, F.R.S. M.G.S. &c.
AND
WILLIAM PHILLIPS, F.L.S. M.G.S. &c.
PART I.
LONDON:
PRINTED AND PUBLISHED BY WILLIAM PHILLIPS,
GEORGE YARD, LOMBARD STREET.
1822.

ferous Limestone, Old Red Sandstone についての解説があり，次いで Grand Penine Chain, Central Coal District, Western Coal Districts の石炭系層序を記載し，夾炭層に伴う Trap rocks について述べ，最後にスコットランド，アイルランド，そして仏・独など大陸の同系に及んでいる。

このように石炭系の提唱当時に同系は旧赤砂岩統をその基底部に置き，その上の Supramedial Order は新赤砂岩統を基底部に置いていた。換言すれば前者は泥盆系に，後者は二畳系に始まるのであった。それから10年余りして MURCHISON と SEDGWICK とが志留系・寒武系・泥盆系・二畳系を樹立し，大陸ではこれと平行して Secondary の3統が建てられた。そして1841年には J. PHILLIPS は Palaeozoic Fossils of Cornwall, Devon and West Somerset: Great Britain Geological Survey Mem., p. 160に次の3界を提唱した。

Cainozoic Strata: Tertiary

Mesozoic Strata: Cretaceous System/Jurassic System/Triassic System

Palaeozoic Strata
- Upper?
  - Magnesian limestone formation
  - Carboniferous System
- Middle? (Eifel and South Devon)
- Lower
  - Transition Strata
  - Primary Strata

このように古生代の Systems 中にはこの頃未だ一般に承認されてないものがあった。それ故 MARCOU は1859年に Zechstein と Rothliegend とを Dyas に一括した。そしてそれが二畳系と翻訳された。しかし欧州では Permian の先取権が認められて，Dyas は使用されなくなった。それにも拘らず東洋では日本のみならず中国，韓国でも訳語のみが残り，最近中国では二迭系と書いている。このように訳語の先取権を認めているのは全く地学術語のうちの特例である。

地質系統毎に国内の層序を詳細に検討して既知の事実を収録総合することは意義深い企てであって，この立場から省みると H. YABE (1927): The Cretaceous Stratigraphy of the Japanese Islands は画期的な仕事であった。これは第3回汎太平洋学術会議のシンポジュームのために用意されたのであるが，その後松本達郎が委員長となり，The Cretaceous System in the Japanese Islands, 1953を取りまとめて日本学術振興会から出版した。

これより先き，日本三畳系の地質，地質調査所報告特別号，146頁，8附図，2附表，1951が出版されている。これは第93（地学教育）小委員会に続き，昭和22年夏に学振内に第112小委員会が設置されて，山根新次が後者の委員長となり日本地質誌の編纂が企画された。これは我国の最も困窮した至難の時期で，両小委員会は共に短命ではあったが，前者は日本地学教育学会を後継ぎとして産み残した。後者の企画のうちでは編図その他で，新規活動が地調で引き続いて行なわれているが，この特別号は地質誌編纂の一部で，小委員会が解散してから後に完成して，三上知芳所長が出版した。その内容を見ると，本邦三畳系の年代区分，三畳紀の動物の2章に続いて，北上山地から九州八代地方に至るまでの各地域の三畳紀層を網

羅して当時の知識を精しく記述し，日本三畳系通論を以って結んでいる。そして附録として鳥巣珊瑚の産出が追加されている。

この特別号には欠けていたが，周知の如く，所謂レトリアス式植物群が日本では早くもカーニックに出現しているので，日本のものは植物進化史上特に重要なフローラで，今野円蔵らの貴重な研究がある。また最近石橋毅が発見した琉球の三畳系の層序と化石の研究がある[3]。それのみならず最近のコノドントの研究結果所謂秩父古生層の中の少なからぬ部分が三畳紀であることが判明して来ている。総括的な作業としては BANDO, Y. (1964) : The Triassic stratigraphy and ammonite fauna of Japan. *Sc. Rep. Tohoku Univ. II*, **36**, 137p. が出ているが，二畳，三畳両系の境界，すなわち中古生代の過渡期は生物界の一大変革であって，国際的にも討論会を重ねている。最近30年の日本国内の三畳系知識の進歩を総括すべき時期が到来している。

上記のように国際的な呼びかけに応じて，または国内の要請で自発的に委員会を組織して総括の行なわれたものは未だ少ない。これに準ずるような作業が散発的には個人的にも行なわれて来た。例えば古いところでは岩波講座（地質・古生物）中の大塚弥之助：第四紀，107頁，2折込表，1947には緒言の10頁を除くと，第四紀の標準編年尺度の海棲・陸棲動物群・植物群，人類の遺骸・遺物，気候，地形，地殻運動，火山活動などの殆んど全部が日本第四紀地史の考察に当てられている。これには地区別の詳しい記載はないが，本著はその後の第四紀研究の重要な礎石となった。

新しい一例を挙げれば T. HAMADA (1961) : The Middle Palaeozoic Group of Japan and its Bearing on her Geological History. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **13**, pt. 1-79 がある。

偶然にも石炭・三畳・白堊・第四の諸系と交互して二畳系・侏羅系・第三系についてはこのような多辺的総括の作業が遅れている。試みに侏羅系について見れば鳥巣統，手取統，北上，長門の同系や二枚貝，菊石，珊瑚類などについては突っこんだ研究がされているし，またその分野のまとまった論文もある。植物化石に於いては1874年の白山山麓に於ける REIN の化石発見，1877年の GEYLER のその採集品の記載という日本層位学上随一の古い学史を以っているのである。特に本系については W. J. ARKELL (1956) : Jurassic Geology of the World, 757p. 40pls. があり，第16章の日本とコレアの章（p. 418-430）に当時の知識が摘要されているが，The Jurassic System in Japan が編纂されるならば日本侏羅系は面目を一新するであろう。日本では南北の寒暖両海流の会合点にあたり，また海陸両相が交互しているので，特にアジア太平洋地域の侏羅系探究に裨益するところ大であり，日本は世界の古地理上の一要所である。

中国では1964に全国地層委員会が全国地層会議学術報告彙編12冊を出版している。これは前寒武系・寒武系から三畳系までの各冊，侏羅白堊系・新生界・晩古生代陸相・中生代陸相の各冊からなり，前寒以外は1名乃至4名でそれぞれの分冊を取りまとめている。その準備予察として1959年に第一届全国地質会議専報が地質論評に発表された。最近の中国に於ける斯学の進歩もさることながら，この彙編は依然として東亜地質上の必要欠くことのできない文献となっている。

国内のこの種の作業は上記のような経過をたどってきた。諸系のうちには一応の総括の出来ているものもあれば，Report of progress の繰返されているものもあり，系毎に事情を異にしている。日本地質誌とは別に，それぞれの系について，現状に鑑みて適切な系から逐次に現在の知識を精細に収録して，その全貌を明らかにしておくことは，研究調査を単に容易ならしめるのみでなく，将来への研究課題も自ら明白になり，併せて IGCP のプロジェクトのような国際協力にも即応している。

UNESCO と国際地質学連合（IUGS）の合同の事業として進行中の国際地質対比計画（IGCP）は1967のアントワープでの準備会議に次いで1971

3) ISHIBASHI, T. (1969) : Stratigrraphy of the Triassic Formation in Okinawa-jima, Ryukyu. *Mem Fac. Sci Kyushu Univ. Ser. D*, **19**(3), 373-385, pl. 53.

にパリで第2回の会議が開かれ Final report, Intergovermental Conference of Experts for Preparing an International Geological Correlation Programme(IGCP), Paris, 19-28 October 1971, UNESCO, 52p. が作成されて動き出したのであるが，この国際協力研究事業がここまで来るには一世紀に近い沿革がある[4]。この企画の根幹となって来たのは，層位学委員会であるが，これは地質学関係の国際委員会中の最古のものでなければ，そのうちの一である。そもそも万国地質学会議がパリで初めて開催されたのは1878年であるが，第2回の Bologna の会議でこの委員会の設置が提案された。系・統・階や紀・世・期などの地質系統と地質時代の国際的単元が決定されたのは1900年のパリで開かれた第8回万国地質学会議であった。そして層位学委員会は第11回のストックホルムの会議で設立された。

地層名辞典国際委員会の出来たのは Pretoria の第15回 IGC 会議で，これは大陸毎に分けて5冊にまとめることになった。日本の部分を分担した地質調査所は Geological Terminology of Japan, 1933を用意した。そのうちには地層名のみでなく新鉱物や新岩石も含まれていた。しかしアジア諸国の原稿が揃わないので本稿は公表されなかった。

この作業が活発に行なわれるようになったのはアルゼリアで開かれた第19回の IGC 会議(1952)以降である。ここで層位学委員会を改組して次の2小委員会を設けた[5]。

Subcommission for the Lexicon of Stratigraphy

Subcommission for the Stratigraphic Nomenclature

前者即ち地層名辞典小委員会のアジア部門では日本の部を兼子勝地質調査所長がとりまとめ，半沢正四郎が琉球の部を執筆して，

Lexique Stratigraphique International, Volume III Asie, Fasicule 3a Japon, Fasc. 3b Ryukyu, 182 p. 1956

が Centre National de la Recherche Scientifique, Paris から出版された。Japon のうちにこのシリーズとしては異例的に19の新鉱物・新岩石が道入っているのは上記のような曲折をたどって来たからである[6]。

日本の層位学 Lexicon 作業としては上記の英文辞典と前後して地質学会編の地層名辞典，日本新生界の部（1954～65）が東大出版会から出ている。これにはこの上もない詳しい邦文の記載が4冊に亘ってのせられ，第5冊には網羅的の文献集がある。これ程の労作を完成するのは容易なことではないので，これを百パーセント利用して，不要な層名を抹削し，不必要な層名を新たに作らないようにするのは大変大事なことで，そのような整理に是非役立ててもらいたい。

邦文の方の辞典は新生界の部のみで頓挫している。欧文の方は層名のみならず，岩鉱名にまで及んでいるが，国際的という見地から選択されているものと見えて，その項目数は少ない。それのみでなく新生界に比べると，中古生界や変成岩類の名称にはるかに古く命名され始めていて，その後の曲折を追究するのが容易でない。したがって邦文辞典の残された部分の完成が必要であると同時に欧文の改訂には選ばれた名称の徹底的な追究がなされねばならない。

日本の層名のうちで百歳を越えるものは神(鵜)居古潭系で，1890年までに命名されたものは下記

4) 渡辺武男・松本達郎 (1970)：国際地質対比計画 (IGCP) の準備会議報告，地質学雑誌，76(9)，449-454.
立見辰雄(1972)：国際地質対比計画 (IGCP) 第2回準備会議報告，会誌，78(11)，636-642.

5) 小林貞一 (1957)：万国地層名辞典と漢字層名の Original Romanization について，地質学雑誌，63(747)：721-723.
小林貞一(1963)：International Commission for Lexicon of Stratigraphy. 化石6号，53.
小林貞一 (1971)：国際層位学委員会とその層序分類部会，地学雑誌，80(2)，126-128.

6) Akenobeite, Bandaite, Boninite, Ceramicite, Cerasite, Collbranite, Hagatalite, Ishikawaite, Iwojimaite, Kochite, Micro-allivalite, Miharaite, Mijakite, Naegite, Nagatelite, Oyamalite, Reinite, Sanukite, Takizolite.

関谷先生，地球物理学の田中館先生なども大したものだと思いますね。

日本にとって非常に幸せと思うことは，日本では昔から学問というものが尊重されていたことです。その点では現在の発展途上国や，かってのアメリカとちがっている。

渡辺　明治になる前から学問が尊重されていたわけですね。

坪井　現在の発展途上国では，かってのアメリカと同様に学問の実用面に関心が強いようですね。日本ではそうではなく学問を学問として尊重した。徳川時代からそういう空気があった。

湊　学問的によき日本を培ってきたわけですからね。

坪井　そういうことに対して感謝や誇りを日本でみんなにもってもらいたいと思うね。

日本が明治時代に西洋の文物を移植したにはちがいありませんが，その移植したものがそのままで今に伝わっているのでなくて，その移植したものから発展して新しくできたものがたくさんあるもの。ジオロジカルのものにもそういうものがあって，それはもはや外国のものではなくて日本のものなのです。その意味での日本的な学問がある。そういうことを一般社会のだれでもがよく知ってほしいと思います。



渡辺　スペシフィックな問題ですけど，いま盛んにプレートテクトニクスの問題がありますね。それのもう一つの前身にウェゲナーのコンチネンタルデュリフト，あれが有名になったのは1920年前後ですけど，先生達のお耳に入ったのは何時頃ですか。

坪井　ウェゲナーの本が発行になったのが，1920年前後で，あれで有名になった。一般社会人のうちでも耳の早い人はあのころ知ったようですね。ところが私があれを初めて知ったのはもう少しおそかった。1922年頃イギリスで耳にしましたが，私自身はあまり関心をもたなかった。日本では，私の外国にいた間の留守中に宣伝されてはやたっらしいですね。私は日本に帰ってきたらあれが有名なんで驚いたのです。イギリスの誰だったか忘れたけれども，“あの説は漠然としてヴェーグだ”と言った人があった。そうしたならば，もう一人の人が“それはヴェーゲナーだもの”と言った人がありましたよ。(笑)

そういうふうに有名であったけど，本気で取り上げた人は少なかったようです。

日本だってむきになって取り組んだ人がいたかどうか知りませんが，寺田寅彦先生は気にいっていたようです。それからウェゲナーきらいに見えたのは矢部先生でした。矢部先生は目のかたきにされていた。それで小沢儀明君がちょっと口をすべらしてウェゲナーを引用したことがあったところ，そのあとで矢部先生が“それだけのことでウェゲナーにかぶれては困るね”と言われた。(笑)私は外国でウェゲナーの評判はどうだということを小藤先生から聞かれたことがあって，さっきのヴェーグの話をしたことがあります。

しかしウェゲナーの説は幸運でしたね。あのような思いつきが今になって当ったことになったのですから。それに関連して，松山基範さんの岩石の磁気の論文が近頃になって急に注目され出したでしょう。こういうことになるとは松山さんは夢にも思わなかったでしょうね。しかしあれは貴重なデータでしたね。

湊　むしろ松山先生の方が具体的な話になっていたのですね。

渡辺　地理の北田宏三という方が大分前にウェゲナーの論文を訳していますね。

諏訪　ウェゲナーはさっきの話のようにみんなに拍手喝采されなかったわけですから，不遇のうちに亡くなったんですね。

坪井　現在プレートテクトニックスが大ばやりだけども，どうなんですか。

湊　万能薬ではないんですね。

諏訪　非常にきめこまかく現実にいろいろ地域別にあたっていくと，さっきの先生のお話じゃないけど，大きい流れとしてはそんなことがうまく合うんだけど，たとえば日本列島の西南日本がどうだというようなことになってくると，どうして

こうなってるのかと‥‥。

渡辺 まだそこまでつながらないようなところは残ってますね。だけど，いままでバラバラにあったものを一つにつなげようとすると，ああいうハイポセシスを持ってこないとなかなかつながらない。そういう意味ではつなげた功績はずいぶんあると思いますね。

諏訪 だけど無理にこじつけてつなげているのが相当あるんですね。インド大陸がアジア大陸にぶつかってヒマラヤ山脈ができた，同様にしてフィリピン海プレートが伊豆半島を抱えて前面に出して，そして日本列島にぶつかったと。あの辺のことが，いま駿河湾の地震説だとかいろいろありますから，その辺すごくデリケートになって‥‥。

渡辺 しかし，いまの松山先生の仕事が一つの関連を持っているというのも，おもしろいですね。

坪井 松山さんの研究があの当時どんな意味をもっていたのか知りませんけど，データというものは非常に貴重なものですね。プレートテクトニックスもあの考えのもとが，マグネの解釈にあるという点では感服しますね。その意味でプレートテクトニックスそのものは尊重したい気持です。けれどもあれの適用のし方には感服できないものが多い。

渡辺 そうですね。いまただデータとして出ていることがあと何年かたつとどのくらい大きな意味を持ってくるかまだわからないのもたくさんありますでしょうね。

坪井 だから，データを尊重しなくちゃいけないですよね。

濱 そして尊重できるような正確なデータを出しておかなくてはいけないですね。

渡辺 また元に戻りますが，坪井先生がシカゴにいらして，それからイギリスに向かっていらっしゃったまでの間の経路はどうだったのですか。

坪井 シカゴでは，グラデュエートスチューデントに対してのスクーリングの方法をたいへん面白いと思いました。特異なやり方なんです。講義をきかせるのでなくて，地質に関するスペシャルサブジェクトを掲げ，それに関する文献を列記したリストを学生に渡し，学生はそれによって図書室で文献の勉強をする。そして教室に出る先生は学生一人一人に質問して答えさせるのです。そういうやり方ですが，これは一つの方法だなと思っています。学生が授業に出るための準備がたいへんなので，学生は一日に3科目くらいとるのがせいぜいというところですね。

それから日本と違って学生の勉強目的がまちまちであることを感じました。たとえば官吏を養成するとかいうような共通な目的を持ってやっていない。大学の理念が日本とちがう。資格をとっても取らなくても，学位をとってもとらなくても，めいめいの勝手で，日本のようにだれでもが卒業をめざしているのと様子がちがう。これは，その頃のシカゴ大学がそうだったということで，今どうなのか，また他の大学はどうなのかは知りません。それから私はワシントンに行った。かねてからジオフィジカルラボラトリーの仕事に非常にインテレストを持っていましたから，できればあすこで研究したかったのですが，その頃のジオフィジカルラボラトリーはいまと事情が違っていて，外来者を受け入れない閉鎖方式のところでした。ですから実験したり研究したりすることはできなかったのですが，それでも所長 DAY の特別の好意で，私は思うままに自由に出入りすることを許された。ワシントンには，博物館もあるし，ペトロジストクラブがあるし，4か月くらい滞在して，BOWEN, WASHINGTON, MERWIN, LARSEN, FENNER, ESKOLA 等の人々と親しくし，楽しい毎日を過ごした。皆と一緒に泊りがけのエキスカーションにも行った。

ジオフィジカルラボラトリーが今のように外来研究者を受け入れるようになったのはずっと後のことです。

渡辺 あの時代に WRIGHT はいたのでしょうか。

坪井 在職していたのです。しかし WRIGHT は私のいた頃には，ワシントンにいなかったので会う機会がなかった。

ワシントンでの数カ月は，全く楽しかった。私の交際したアメリカの学者，研究者達がみんな胸襟を開いて全くあけっぱなしでしたね。それでいてめいめいの職務の権限を尊重してそれを侵さな

協会記事

地殻開発小委員会（昭和54年4月10日）

出席者：末野将来検討委員長，佐藤委員長，岩生，川上，虎岩の各委員

議　事：

1. 理事会，百周年記念事業実行委員会，将来検討委員会の意向を考慮して講演会の案を次のように変更した。

昭和54年11月1日（木）
10時30分～12時　記念式典
13時30分～17時　講演会
17時30分～19時30分　祝宴
昭和54年11月2日（金）
10時～12時30分　講演会
14時～16時　講演会，映画

役員候補者選挙管理委員会（昭和54年4月12日）

出席者：岩生委員長，佐野，三井の各委員

議　事：

1. 役員候補者について開票事務を行った。

会館委員会（昭和54年4月13日，於学士会館）

新たに地学会館の管理運営に関する企画・立案・実施に当る標記委員会が設けられ，第1回委員会が開催された。

出席者：末野副会長，岡山，矢嶋監事，山内委員長，石和田，梅沢，片山，川上，坂倉，佐藤，式，平山各委員。

議　事：

1. 会館運営に伴なう諸事務手続について，下記各項目の審議を行ない，理事会，総会に報告し，承認をうけることとした。

（イ）借入金返済計画，（ロ）会館運営収支予算，（ハ）賃貸借契約書，（ニ）金銭消費貸借契約書，（ホ）会館管理委託契約書，（ヘ）会館館内規則，その他

定款検討小委員会（昭和54年4月13日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤，佐藤，湊各委員。

議　事：

1. 改訂草案について逐条審議が進められた。また，前回述べられた会長の希望に関連して意見が交わされた。

理事会（53年度第10回，昭和54年4月20日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，木村，佐藤，前島各理事，山内会館委員長。

議　事：

1. 会館委員会関係
   (1) 委員長に山内肇委員を委嘱することにした。
   (2) 第一建築サービス株式会社との間で締結する予定の賃貸借契約書ならびに金銭消費貸借契約書について審議し，一部修正の上原案どおり承認することにした。
   (3) 上記会社との間で，地学会館管理委託契約を結び，地学会館内規則を制定する件は，細部を検討の上実施することにした。
2. 下記の正会員の入会を次の評議員会に提案することにした。
   入会：横山勝三
3. 昭和54年度予算案の概要について審議し，木村理事が正式の案にまとめることにした
4. 5月11日開催の昭和53年度第2回評議員会の議事次第を決めた。
5. 総会当日の講演会には，石和田靖章会員に石油資源関係の講演を依頼することにした
6. 百周年記念行事の日程などの方針を諒承した（4月10日地殻開発小委員会記事参照）。
7. 公認会計士の後任には前任者の所属していた新光監査法人に依頼することとした。
8. 会館建築委員会関係
   (1) 前回理事会以後の経過を諒承した。
   (2) 第一建築サービス株式会社との間の契約書の正式調印式は5月9日午前10時に変更した。

評議員会（昭和53年度第2回，昭和54年5月11日）

出席者：坪井会長，青柳信義，岩生周一，片山信夫，木村達明，小林　勇，佐藤光之助，式　正英，末野悌六，虎岩達夫，保柳睦美，前島郁雄，森本良平，矢沢大二の14名，他に委任状によるもの20名，計34名。他に岡山俊雄監事。

議　事：

1. 理事会から提案のあった正会員の入退会を決定した。
2. 常置委員会規程，ならびにそれに関係した東京地学協会細則の改正は，原案どおりに可決成立した。
3. （イ）第100回通常総会の議題とその提案内容，（ロ）第一建築サービス株式会社との間で締結された賃貸借契約関係，（ハ）故神山監事の後任（任期2年）として矢嶋澄策会員を任期2年の監事に委嘱する件について説明があり，意見を求めたが，いずれもとくに異議はなかった。

理事会（53年度第11回，昭和54年5月14日）

出席者：坪井会長，末野，保柳各副会長，岡山監事，片山，佐藤，式，前島各理事。

議　事：

1. 5月11日の持回り理事会での「定款第2条改正案」の審議結果を確認した。
2. 下記の正会員の入退会を次の評議員会に提案することにした。
   入会：南雲昭三郎
   退会：後閑文之助（逝去）
3. 第100回通常総会の議題を次のとおりにした。
   第一議案：昭和53年度事業報告ならびに収支決算案
   第二議案：昭和54年度事業計画ならびに予算案
   第三議案：定款第2条，第13条，第17条の改正案
   第四議案：役員および評議員の一部改選
4. 5月26日の総会終了後，新旧評議員会の懇談会を行ない，その後で昭和54年度第1回の評議員会を開催することにした。
5. 会館建築委員会関係
   (1) 前回理事会以後の経過を諒承した。
   (2) 長期資金を借入れることを決めた。
   (3) 清水建設株式会社に請負工事の見積書通りにその残高を支払うことにした。
   (4) 平山建築研究所に契約金の残額を支払うことにした。
6. ノルデンショルド来航100年記念講演会について，前島会員に理事の任期とは関係なく外部と折衝することを依頼することにした。

定款検討小委員会（昭和54年5月15日）

出席者：渡辺委員長，岩生，川上，斉藤，湊各委員。

議　事：

1. 草案各条の検討が続行された。なお，5月11日評議員会で承認された常置委員会規程案，細則改正案が配布された。

編集委員会（昭和54年5月18日）

出席者：式委員長，井上，川上，神戸，五条，諏訪，西川，前島の各委員

議　事：

1. 地学雑誌88巻4号の予備編集について審議した。
2. 「石油地質」「地殻開発」特集号のテーマの内容について審議した。
3. 88巻3号の完成まで本委員会が責任をもってあたることを確認した。
4. 次期委員会への申し送り事項を審議した。

地学会館の竣工に伴う行事

4月23日　定礎の儀

4月29日　新地学会館への事務所の引越し作業を行なった。

5月1日　清水建設株式会社から地学会館の引き渡しを受け，東京地学協会の事務所は新しい地学会館の1階に開設された。

5月9日　午前11時から会議室で修祓式を承げ，その後で清水建設株式会社と平山建築研究所に感謝状を贈呈した。
正午から講堂で竣工披露のパーティーを開催した，出席者百余名。
挨拶及び祝辞：坪井誠太郎会長，西郷之厚氏（番町環境整備協議会），増田四郎会長（日本学術振興会），松沢　猛氏（日本テレビ通り振興会会長）

5月12日　東京地学協会会員のために地学会館を公開，来館者二十数名。

訃報

本協会会員　後閑文之助君は昭和54年4月20日，病気のため逝去された。ここに謹んで哀悼の意を表する。　　会長　坪井誠太郎

後閑文之助会員は，去る昭和54年4月20日，脳動脈硬化症で逝去された。享年80歳。同会員は大正14年に東北帝国大学理学部岩石鉱物鉱床学科を，昭和6年には東京帝国大学法学部政治学科を卒業され，昭和12年まで大倉高等商業学校，昭和14年まで府立高等学校講師を歴任された。一方，大正14年より東京博物館，昭和6年より東京科学博物館の嘱託として，地学の啓蒙・普及に努力された。この間地学史に深い関心をもち，東京科学博物館編「江戸時代の科学」（昭和9年刊）では地理および鉱業と地質の項を執筆され，好評を博した。そして昭和12～14年ごろには地質学雑誌，科学，東京科学博物館報告などに地学史に関する多くの論文を発表された。その主眼とするところは，中国や西欧から日本に地学が導入される過程の研究で，そのために，本草をはじめ渉猟された文献は膨大な数にのぼる。

昭和14年，日本産金振興株式会社（後に帝国鉱業開発株式会社に合併）に転じてからは，全国の金属鉱床の探査開発に専念された。昭和29年新鉱業開発株式会社（戦後帝国鉱発の解体により新発足）を停年退職後は今井鉱業株式会社に籍を置かれた。晩年は再び地学史の研究に意欲を燃やされ，昭和45年には「明治前の日本古生物学の変遷」をまとめ，昭和52年からは東京地学協会日本地学史資料調査委員会の委員として活躍された。本誌88巻2号の「日本の古代より近世に至る地質学と関連学の発達史」は遺稿となったが，その後半は病床にあって執筆されたものである。（今井　功）

Journal of Geography
Vol. 88, No. 3 (831), 1979

地学雑誌　第831号　昭和54年6月20日印刷　昭和54年6月25日発行
編集兼発行者　式　正英
発行所　社団法人　東京地学協会　東京都千代田区麹町二番町12-2
郵便番号 102　電話東京(261)0809番　振替口座東京 66278番
印刷所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎3-12-15

1980年

第24回国際地理学会議
第15回国際地理学連合総会

第2報
SECOND CIRCULAR

日本学術会議
日本地理学会
東京地学協会

あいさつ

1980年は，日本で国際地理学連合(IGU)が第24回国際地理学会議(IGC)と第15回総会を開催する年であります．100年以上の歴史をもつこの会議は4年ごとに世界の各地で開かれてきましたが，東アジアでは初めてであり，地理学の研究結果ばかりでなく，知識や情報を交換する非常に有益な機会であります．日本は会議の主催国として，日本の地理学者の総力を結集して世界の地理学者に対し日本の“土地や人”を討論の素材として提供し，会議を成功させ，地理学の将来の一層の発展を期したいと考える次第です．

日本の地理学は，基礎的な研究の上に，近年とくに資源・水・環境・災害・人口・土地利用・都市などの諸問題の研究分野で大きな成果をあげており，各国におけるこれらの諸問題と対比して共同討議を行なうことは極めて有意義であります．また，近年，日本の地理学者による発展途上国の地域研究，特に資源開発，土地利用，農村・都市計画などの研究が進んできています．これらに関する討議もまた，これらの国ぐにとの今後の学術交流・協力を確立する上で，資するところが大きいと考えられます．さらに，地理学における新しい技術の開発，たとえば地図化，統計解析，リモートセンシング，計量的分析手法などに関する新しい展開も，このIGCに大いに期待されています．

われわれは全世界から参加する多数の地理学者と詳細な資料に基づいて親しく討議し，今後の地理学における問題点を明確にさせたいと思っております．この第24回国際地理学会議は，またとない良い機会を提供するものと堅く信じます．

1979年3月

1980年IGC組織委員会準備委員会

日程表

8月23～31日	プレコングレス=プログラム(Pre-Congress Program)—IGUコミッション(研究委員会)とワーキンググループの会合(IGU Commission and Working Group Meetings). C3を除く.
8月31日(日)	日本都市センターにて会員登録(本登録)
9月1,3,5日	IGU総会(General Assembly)
9月1日	IGC開会式(Opening Ceremony)
9月1～3日	総合シンポジウム(General Symposia)
9月1～5日	セクション(分科会 Sections)
9月2～4日	ワークショップ(Workshops)，公開講演(Public Lectures)
9月2～5日	日帰り巡検(Daily Tours)
9月1～5日	ファミリー=プログラム(Family Programs)
9月5日	閉会式 さよならパーティ(Sayonara Party)
9月6～13日	ポストコングレス=プログラム(Post-Congress Program)——IGUコミッションの会合C3およびポストコングレス=エクスカーション(Post-Congress Excursions)
8月26～31日，9月6～11日	日本交通公社による旅行(Cultural Excursions)

国際地理学連合執行委員会(IGU Executive Committee)

会　長……M. J. ワイズ教授(イギリス)

副会長……A. L. マボグンジェ教授(ナイジェリア，第一副会長)，F. F. ダビターヤ アカデミー会員(ソ連)，J. ドレッシュ教授(フランス)，S. ファイソル博士(ブラジル)，木内信蔵教授(日本)，J. コストロヴィッキー教授(ポーランド)，J. R. マッカイ教授(カナダ)，P. スコット教授(オーストラリア)．

事務局長……W. マンスハルト教授(西ドイツ，国連大学副学長)

1980年IGC組織委員会準備委員会(1980 IGC Executive Committee)

長……山本荘毅

会　長……木内信蔵，矢澤大二

グゼキュティブ=アドバイザー……市川正巳，西川　治，町田　貞

務局長……吉野正敏

総務委員会

員長〕　河村　武

員〕　石井素介，浮田典良，太田　勇，佐々木　博，鈴木裕一，鈴木隆介，高橋伸夫，高村弘毅，高山茂美，田淵　洋，田宮兵衛，長沼信夫，西沢利栄，増田啓子　〔専門委員〕　朝倉啓爾

財務委員会

員長〕　荒巻　孚，〔委員長代理〕　浅野芳正

員〕　池田　宏，大森博雄，小野博司，高阪宏行，立石由己，田辺修一，前島郁雄，町田　貞，山本　実

会議委員会

員長〕　中野尊正，〔委員長代理〕　大矢雅彦

員〕　朝倉隆太郎，浅海重夫，石田　寛，市川正巳，伊藤達雄，浮田典良，奥野隆史，大島襄二，太田勇，大竹一彦，大友　篤，貝塚爽平，河村　武，榧根　勇，小堀　巌，榊原康男，水津一朗，高橋浩一郎，竹内啓一，田辺健一，谷岡武雄，中村和郎，西川　治，茂木昭夫，三井嘉都夫，吉田栄夫，吉野正敏，吉野みどり，渡辺良雄　〔専門委員〕　赤桐毅一，新井邦夫，井内　昇，石原　潤，石水照雄，内田和子，梅原弘光，応地利明，太田陽子，大竹一彦，小野有五，加藤芳朗，金田昌司，菊地利夫，久保田　武，小池一之，小泉武栄，上坂修夫，小林　茂，斎藤　毅，斎藤光格，酒井利明，佐々木史郎，設楽　寛，鈴木隆介，高橋潤二郎，高橋伸夫，高村弘毅，田瀬則雄，谷内　達，徳永英二，中川浩一，中林一樹，中村三郎，中山修一，長島弘道，永塚鎮男，永野征男，西岡久雄，野上道男，服部昌之，浜　英彦，浜田竜之介，平戸幹夫，藤田佳久，藤原健蔵，前島郁雄，牧田　肇，正井泰夫，増沢譲太郎，松井　健，松田磐余，宮城真宏，森川　洋，山口岳志，若松加寿江，和田明子，渡辺一夫

出版委員会

員長〕　高野史男，〔委員長代理〕　貝塚爽平

員〕　奥野隆史，菅野峰明，竹内啓一，山鹿誠次

会員・宿舎委員会

員長〕　川上喜代四，〔委員長代理〕　前島郁雄

員〕　青木栄一，江波戸　昭，松田　孝，籾山政子，山鹿誠次，渡辺一夫

広報・渉外委員会

員長〕　正井泰夫，〔委員長代理〕　谷治正孝

員〕　安仁屋政武，石井英也，井出策夫，斎藤　毅，鈴木富志郎，内藤博夫(お茶の水女子大)

展示委員会

員長〕　式　正英，〔委員長代理〕　井内　昇

員〕　石山　洋，海野一隆，大友　篤，小野有五，上坂修夫，五条英司，斎藤　功，鶴見英策，内藤博夫(お茶の水女子大)，野々村邦夫，三橋節子

野外研究委員会

員長〕　吉川虎雄，〔委員長代理〕　戸谷　洋

員〕　青野寿彦，朝野洋一，石田　寛，井関弘太郎，太田陽子，鴨澤　巌，河辺　宏，河野通博，阪口豊，中村和郎，西村嘉助，二神　弘，堀　信行，山口岳志，山本　茂　〔専門委員〕　青木栄一，青木　滋，赤川泰司，朝倉隆太郎，浅野　隆，浅海重夫，阿部　隆，新井　正，池田善昭，石井英也，石井素介，石川勲，石川友紀，石川義孝，石原　潤，石水照雄，磯部利貞，板倉勝高，市川健夫，市川正巳，井出策夫，

伊藤達雄，伊藤安男，五百沢智也，今井敏信，岩本政教，上杉　陽，上野　登，植村元覚，浮田典良，内田実，漆原和子，江波戸　昭，遠藤邦彦，応地利明，大内　定，大木靖衛，大喜多甫文，大沢貞一郎，大村肇，大矢雅彦，大脇保彦，岡　義記，小笠原節夫，岡田篤正，岡部基則，岡本次郎，奥田節夫，奥西一夫，小関昌一，小野忠熙，小野有五，柿本典昭，柏村一郎，勝目　忍，門村　浩，兼子俊一，金坂清則，金田昌司，榧根　勇，川崎　茂，川島哲郎，河地貫一，河名俊男，川本忠平，規工川宏輔，北川建次，北川芳男，北林吉弘，木下昭三，木下　良，小池一之，小泉武栄，小杉健三，小林浩二，小林　博，小林寛義，小林詢，合田昭二，小堀　巌，駒井　健，五味武臣，小森星児，斎藤晃吉，斎藤　毅，坂口良昭，坂本英夫，桜井明俊，佐々木史郎，沢田裕之，寒川　旭，式　正英，設楽　寛，実　清隆，島田正彦，島袋伸三，寿円晋吾，白井哲之，白井義彦，白坂　蕃，進藤賢一，水津一朗，杉浦　直，杉原重夫，鈴木郁夫，鈴木富志郎，関根　清，千田　稔，高木秀樹，高重　進，高橋　薫，高橋百之，竹内淳彦，竹内啓一，竹田秀輝，武久義彦，田里友哲，田島康弘，田中欣治，田辺　裕，谷内　達，田淵　洋，丹治輝一，千田　昇，千葉武男，塚田公彦，津田禾粒，筒浦　明，坪内庄次，土井仙吉，戸所　隆，堂前亮平，豊島吉則，中川浩一，中川　重，中田　高，中野尊正，中藤康俊，中村嘉明，中村嘉男，中山正民，中山　満，成田孝三，西村睽二，野上道男，野川　潔，袴田和夫，長谷川典夫，羽田野正隆，服部信彦，浜谷正人，林　上，久武哲也，肥田　登，平川一臣，平野昌繁，平山光衛，深井三郎，深石一夫，福田正巳，藤井昭二，藤木忠美，藤田和夫，藤本利治，藤森　勉，藤原健蔵，福宿光一，船越昭生，府本礼司，北条　寿，細井淳志郎，本城和彦，槇　昭一，牧田肇，牧寺輝孝，牧野洋一，正井泰夫，柾　幸雄，町田　貞，町田　洋，松井貞雄，松岡憲和，松倉公憲，松田磐余，松田時彦，三浦　肇，水越允治，水野　裕，宮川泰夫，宮城真宏，宮口侗迪，宮崎　清，宮崎礼次郎，村上一幸，村上　誠，村田喜代治，村山　磐，目崎茂和，籾山政子，森　和紀，森川　洋，矢ケ崎孝雄，山口守人，山口幸男，山下克彦，山下脩二，山内秀夫，山村順次，山本荘毅，由比浜省吾，横山淳一，横山昭市，横山勝三，横山　弘，吉川文次，吉田隆彦，吉津直樹，吉野正敏，米倉伸之，米谷静二，米地文夫，渡辺四郎

募金委員会

〔会長〕 木内信蔵，〔副会長〕 清水馨八郎，〔委員長〕 沢田　清，〔委員長代理〕 中山正民.

〔委　員〕 浅野芳正，伊倉退蔵，大石堪山，大村　肇，岡田　真，木内四郎兵衛，北林吉弘，竹内常行，永野征男，西川　治，茂木昭夫，山口貞雄，矢澤大二，山本荘毅

---

2. 主催団体

日本学術会議，日本地理学会，東京地学協会

3. 会議使用語

英語およびフランス語．ただし，東京大会(本会議)における討論においては日本語の使用を認めるが，この場合，座長・副座長または参加者が適宜通訳することが期待される．

4. 会員登録(Registration)要領

1) 会員の種類および登録料

A　正規会員(Regular Member)　30,000円

ファミリー=プログラムに参加すること以外のすべての権利を有する．

B　学生会員(Student Member)　15,000円

大学院生を含む．すべての学術上の会合および巡検に参加することができる．論文発表を希望し，あるいは刊行物を受領したい場合は，正規会員として登録しなければならない．

C　同伴会員(Accompanied Member)　15,000円

学術上の会合，巡検およびファミリー=プログラムに参加できる．

D 非出席会員(Non-attending Member)　個人 25,000円，団体 40,000円

刊行物をすべて受領することができる．

ただし，IGUコミッションあるいはワーキンググループの会合のみに参加する場合の登録料は10,000円である(会員種類E)

2) 登録申込み用紙(Form A と Form B)に記入の上，1979年10月1日までに下記あて送付すること．

〒100 東京都千代田区内幸町2-2-1 日本プレスセンタービル8F 日本コンベンションサービス気付
第24回国際地理学会議事務局

3) 登録された会員は，1980年8月31日(日)午後1時より午後8時までの間に，日本都市センター内の受付で登録を確認し，配布物を受領すること．

4) 登録料の納入は1980年4月1日までに，プレコングレスおよびポストコングレス=プログラム(IGUコミッション，ワーキンググループおよびエクスカーション)の会合参加の予約金は1979年10月1日までに，それらの残額全部の納入は1980年4月1日までに下記に払込むこと．なお，登録料についてその一部を前納(金額25,000円)している方は，その差額分を払込むこと．

(イ) 第一勧業銀行内幸町支店 普通預金口座 022-1377295
国際地理学会議(IGC)財務委員会　代表 荒巻 孚
(受取人住所)〒100 東京都千代田区内幸町 2-2-1 日本プレスセンタービル8F
日本コンベンションサービス気付　国際地理学会議(IGC)財務委員会

(ロ) 郵便振替口座 東京 5-85199　国際地理学会議(IGC)財務委員会　代表 荒巻 孚

- 出版物案内

1980年IGCでは，"Geography of Japan"，"Abstracts of Papers"，"Program" などを配布する予定．

- 発表申込み—論文要旨(Abstracts of Papers)

東京大会(本会議 Main Session)におけるセクション，総合シンポジウム，ワークショップで発表を希望する方は，下記の要領で論文要旨を提出されたい．コミッションおよびワーキンググループの会合で発表を希望する場合も，それらの会合のオーガナイザーから特に指定されていない場合には，やはり下記の要領で論文要旨を提出されたい．

1) 参加者は12のセクション全体を通じて，1つの論文の申込みしかできない．しかし，もし招待ないし特に受理された場合には，総合シンポジウムあるいはワークショップでも別の論文を発表できる．

2) 論文発表申込み者は，英・仏語いずれかを用いたシングルスペースで2枚以内(図表とも)の要旨を提出すること．2枚以上の場合には受理されない．

3) オリジナルを含む2部を提出のこと．オリジナルを2/3に縮小して印刷する．タイプは次の要領で行なうこと．

a) 厚手のタイプ用紙に，欧文サーキュラーのモデルのように，16cm×22cmのわく内に鮮明に打つこと．またわくの上下に3cm以上，左右に2cm以上の余白を残すこと．

b) 図表は，文字を含めて，縮小可能なものを提出のこと．写真は使用しないこと．

c) 図表挿入の位置に文字はタイプしないこと．

d) 図表とその説明のみで構成したアブストラクトも受理される．

e) 提出されたアブストラクト(図表を含む)は返却しない．

f) タイトルは，最初のページの最上部左端より，キャピタルレターで打つこと．文中の人名，地名は最

初の１字のみ大文字とする.

g）タイトルと著者名との間は１行あける. 口頭発表予定者の姓を, 左端よりキャピタルレターで打ち, コンマの後に名を, 次に(　)内に所属機関とその簡単な住所を書く. 連名者は, (　)内に勤務先所在地の都市名と国名のみを入れる.

h）著者名は５行以内におさめ, １行あけて本文を始める. 本文の第１行は２字さげて打ち始め, 次の行は左端より打つ. パラグラフとパラグラフの間は１行あける. ２ページ目は最上部から打つ.

4) 発表申込みカード(同封)に必要事項をすべて記入の上, 必ず論文要旨につけて送付のこと. 期限までに登録料の納入のない場合は印刷されない.

5) 1979年12月末までに未着の論文は印刷されないことがある.

6) プログラムの都合上, 発表申込みのセクションではなく, 他のセクションで発表するよう要請されることがある.

7) 論文要旨の採否は, 組織委員会(プログラム小委員会)が行なう.

8) 論文要旨の提出先は, 第24回国際地理学会議事務局(日本コンベンションサービス気付)とする.

7. 展示会(Exhibition)

会議期間中, 国際地図学会(ICA)との共催により東京で地理学および地図学展示が行なわれる. 展示は, 国内展示, 国際展示および企業展示の３部門からなる. 展示委員会では, 国内学術・調査研究機関(官公庁を含む), 各種地理学関係資料等の刊行者等が, 下記のテーマに関して展示に積極的に参加されるよう希望している. 参加希望機関・団体等は, 1979年６月30日までに当委員会あて, 参加希望の内容について通知されたい.

展示テーマ：１．日本に関する地理学出版物

２．最近の地理学に関する出版物

３．最近の主題図(なお, このテーマの展示はICAと共催で行なう)

４．最近のナショナルアトラスと地域アトラス(同上)

５．地理学的調査や研究—特に自然資源・環境に関するもの—に利用される最新の地理情報システム（空中写真・リモートセンシングを含む)(同上)

６．地理教育, 地理的知識の普及等に有効な諸媒体

（注）３～５はICAとの共催テーマ

なお, 上記展示に関する照会・連絡等は, すべて郵便で下記へお願いする.

〒112　東京都文京区大塚 2-1-1　　お茶の水女子大学地理学科気付　第24回IGC展示委員会

8. 総会(General Assembly)その他

1) 国際地理学連合(IGU)第15回総会は, ９月１日(午後), ３日(午前), ５日(午前)に日本海運倶楽部または日本都市センターで行なわれる.

2) IGUの現および新執行委員会は, 東京大会中に会合を行なう.

3) IGUコミッションおよびワーキンググループの事務会議は要請に応じて設営される. 1980年３月31日までに事務局長あて, 会議の名称, 委員長名, 参加者数, 目的等を連絡されたい.

4) 非公式会合(学問的会合のみ)も申込みに応じて設営される. その情報は参加者に伝達される. 事務局長あて連絡されたい.

---

9. 東京大会(本会議 Main Session)

日　程　表

8月31日(日)	13：00～20：00	登録	日本都市センター(NTC)
	16：00～17：00	座長等事務打合せ	NTC

	17：00～18：00	各国代表事務打合せ	NTC
1日(月)	9：15～10：45	開会式	国立劇場(予定)
	11：00～12：00	特別講演(日本文化)	国立劇場(予定)
	14：00～16：00	ICA との共同会議	経団連会館
	14：00～17：00	総合シンポジウム(日本文化)	NTC
	14：00～17：00	セクション(分科会)	NTC その他
	17：00～	IGU 総会(1)	日本海運倶楽部
2日(火)	9：00～21：00	総合シンポジウム(気候変動と食糧生産)	NTC
	9：00～17：00	セクション	NTC その他
	18：00～21：00	ワークショップ，公開講演，映画，ポストコングレス=エクスカーション打合せ	NTC その他
3日(水)	9：00～	IGU 総会(2)	日本海運倶楽部
	9：00～17：00	総合シンポジウム(環境としての自然災害)	NTC
	9：00～17：00	セクション	NTC その他
	18：00～21：00	ワークショップ，公開講演，映画，ポストコングレス=エクスカーション打合せ	NTC その他
4日(木)	9：00～17：00	セクション	NTC その他
	18：00～21：00	ワークショップ，公開講演，映画	NTC その他
5日(金)	9：00～	IGU 総会(3)	NTC
	9：00～15：30	セクション	NTC その他
	16：00～17：00	閉会式	NTC
	17：00～	さよならパーティー	NTC の予定

東京大会本部は，日本都市センターにおく．

-1 開会式(Opening Ceremony)

開会式は9月1日 9：15～10：45の間，東京大会会場近くの適当な会場(国立劇場を予定)で行なう．

-2 総合シンポジウム(General Symposia)

a) 発表者はオーガナイザーが指名する．

b) 関連発言，討論等の希望者は，発表申込み規定に準じて要旨を提出のこと．提出先は第24回国際地理学会議事務局とし，総合シンポジウム関連発言要旨である旨，明記されたい．発言は10分以内とする．採否はオーガナイザーが行なう．

) 日本文化

オーガナイザー：水津一朗，小堀 巌，竹内啓一

日 時：9月1日，11：00～12：00 開会式場，14：00～17：00 日本都市センター

テーマ：a) 文化の接触と変容，b) 自然的背景，c) その他

) 気候変動と食糧生産

オーガナイザー：吉野正敏，高橋浩一郎

日 時：9月2日，9：00～21：00 日本都市センター

テーマ：a) 世界とモンスーンアジアにおける気候変動の実態とその分析，b) アジア・アフリカにおける食糧生産と気候変動，c) 食糧・人口・エネルギー等の将来に及ぼす気候変化の影響

) 環境としての自然災害

オーガナイザー：中野尊正，大矢雅彦，西川 治，大竹一彦

日 時：9月3日，9：00～17：00 日本都市センター

テーマ：a) 世界各地の水害・干害・地震災害等の研究例の総括，b) 研究の将来の展望

関連して，被害予測のワークショップを9月3，4日の夕方，環境変化の日帰り巡検を5日に行なう．

9—3 セクション(分科会 Sections)

12のセクションがあり，すべて日本都市センターとその周辺の会場で会合を行なう．個人またはグルー発表申込みを期待する．申込みにあたっては，下記のサブテーマを考慮されたい．日本および世界におけ究動向に関する報告も受理される．

セクション 1 地形学・氷河学

コンビーナー：貝塚爽平，吉田栄夫

サブテーマ：1．火山活動と地殻変動に関する諸問題
2．河成地形と海成地形
3．気候地形学
4．地形発達と表成堆積物
5．動的地形学
6．数学モデル
7．氷河学の一般的諸問題

セクション 2 気候学・水文学・海洋学

コンビーナー：河村 武，榧根 勇，茂木昭夫

サブテーマ：1．気候学の一般的諸問題
2．気候変動
3．気候環境への人間の影響
4．水文学の一般的諸問題
5．地表・地下の水文的関係
6．水文環境への人間の影響
7．海洋学の一般的諸問題

セクション 3 生物地理学・土壌地理学

コンビーナー：吉野みどり，浅海重夫

サブテーマ：1．降雨林の生物地理学的諸問題
2．第四紀と生物地理
3．生物群集の分布と環境
4．生物共同体への人間の働きかけと自然保護
5．東アジアの土壌—東アジアにおける主な土壌の生成，分類，分布(水田土壌を含む)
6．火山砕屑物起源の土壌—主として火山灰土壌の分布と特性
7．土壌と環境—土壌生成環境および環境としての土壌など

セクション 4 ランドシステムの自然地理学

コンビーナー：三井嘉都夫

サブテーマ：1．さまざまな目的のためのランドシステムと土地評価
2．人工的な地形
3．写真判読，リモートセンシング，その他の技術の比較研究
4．国際協力による土地調査

セクション 5 経済地理学

コンビーナー：太田 勇

サブテーマ：1．立地論の再検討
2．地域的不均等発展分析の理論と手法
3．地域開発における中央と地方の対立
4．経済活動の空間構造

5．土地利用の経済地理学
6．第3世界の経済地理学上の諸問題

セクション 6　人口地理学

コンビーナー：大友　篤

サブテーマ：1．人口の構造と変動に関する地理学的研究

セクション 7　都市地理学

コンビーナー：伊藤達雄，渡辺良雄

サブテーマ：1．都市成長—その原因と結果
2．都市システムおよび中心地に関する理論的経験的分析
3．都市空間の内部構造
4．都市拡大と都市計画および広域行政

セクション 8　文化地理学および社会地理学

コンビーナー：大島襄二

サブテーマ：1．文化地理学の理論と方法
2．文化伝播，文化地域および文化変容の地理学的研究
3．稲作文化・稲作社会の地域的特色
4．社会地理学の新しい分野

セクション 9　歴史地理学

コンビーナー：谷岡武雄，浮田典良

サブテーマ：1．歴史地理学およびその応用的諸問題研究の方法と技術
2．人口および経済活動の歴史的変遷
3．環境と景観の変革(都市・農村)
4．空間構成の歴史的類型

セクション 10　地誌学

コンビーナー：石田　寛

サブテーマ：1．方法論的諸点，蘇生，転向(地域性のパーセプション，計量的接近を含む)
2．さまざまな民族による日本の地誌学的研究
3．日本を除くアジアの諸国および地域，ならびに太平洋地域の地誌学的研究
4．地域計画，国および地方自治体行政と機構における地誌学の研究・調査方法の役割(地誌学および環境に関する諸問題を含む)
5．地域的接近および最近の社会科学における地域的諸問題の役割と意義

セクション 11　地理学と教育

コンビーナー：榊原康男，朝倉隆太郎

サブテーマ：1．教育のさまざまな段階における地理的認識の発達
2．地理の授業とカリキュラムの開発
3．教科書，地図および教具の実際的利用
4．地理学と国際理解
5．地理教育と環境問題

セクション 12　地理学的モデルと方法

コンビーナー：奥野隆史

サブテーマ：1．モデルと方法の開発(新概念の提案を含む)
2．モデルと方法の問題点
3．方法の実際的応用——技術と実例——

9—4 ワークショップ

1) 災害予測

干害・水害・地震災害等の社会経済および国際問題へ及ぼす影響の予測のための研究方法論・手法の開発をめざす.

日時：9月3,4日　18：00~21：00

場所：日本都市センター

費用：5,000円　　人員：50名

オーガナイザー：中野尊正

詳細は参加予定者に直接，連絡する．参加希望者は，セクションへの発表申込み規定に準じて発表要旨を提出のほか，参考文献リスト・別刷等，参加者に配布を希望する資料を50部会場へ持参のこと.

以下の企画は追って示す.

9—5 IGUとICAの合同討論会

9月1日　14：00~16：00の間，IGUとICA(国際地図学会)の合同討論会を経団連会館において開催する.

9—6 日帰り巡検(Daily Tours)

参加者は費用を登録日(8月31日より)に支払うこと．申込みが定員以上になった日の申込みは，抽選によって決定する.

DT—1　地形と土壌

日　時：9月5日(予定)

詳細は追って示す.

DT—2　環境変化

日　時：9月5日　8：30~夕刻

費　用：6,000円(昼食，軽い夕食を含む)

人　員：45名

リーダー：大矢雅彦，渡辺一夫，松田磐余

テーマ：1) 鶴見川流域の都市化と環境変化(水害，震害予測を含む)

2) 横浜市内の震害予測

DT—3　学校見学

日　時：9月4日　13：00~夕刻

費　用：4,000円(夕食を含む)　ほかに，地下鉄運賃200~300円は各自負担

人　員：未定

リーダー：朝倉隆太郎

東京都内の高校の授業参観，都心の見学

以下，DT—4~DT—7については，詳細を追って示すが，費用は約5,000円

DT—4　東京西郊の都市化

日　時：9月2日午後

多摩丘陵および新宿の見学

DT—5　東京南部の工業地域

日　時：9月3日午後

流通センター，ソニー工場の見学

DT—6　東京東部の変貌

日　時：9月4日午後

東京湾埋立地，江戸川デルタの近郊農業

—7　東京の下町と伝統景観
1　時：9月5日午後
草間屋街，浅草寺と仲見世，六義園
ファミリー=プログラム(同伴会員向け，Family Programs)
—1　茶の湯と生花
—2　日本人形と浅草
—3　着物ショーとショッピング
参加人員に制限あり，本登録日に先着順に受付けるが，1つしか参加できない．無料
公開講演と夕べの集い
詳細は追って示す．
レセプションとさよならパーティ
セプションについてはサード=サーキュラーで示す．さよならパーティーは9月5日の閉会式のあと開催
費用は1人6,000円の予定，
0　閉会式(Closing Ceremony)
時：9月5日　16：00～17：00
場：日本都市センターホール

プレコングレス=プログラムおよびポストコングレス=プログラム(Pre- and Post-
ongress Programs)
京大会(本会議)前(プレコングレス)および後(ポストコングレス)の約1週間，日本各地で，27のIGUコ
ション(研究委員会)ならびにワーキンググループの会合と18のポストコングレス=エクスカーションを行
カテゴリーA，B，C，Eの参加者はコミッションならびにワーキンググループの会合に，カテゴリーA，
の参加者はエクスカーションに，それぞれ参加することができる．組織委員会は参加者が定数に満たな
画を取消し，あるいは参加費・実施日程を変更することがある．
のコミッションならびにワーキンググループの会合のうち，26はプレコングレス期間中に，残る1つ
)はポストコングレス期間中に開く．これらの会合は，招待ならびに提出論文の発表会(Paper Session)
検(Field Tour)とからなる．カテゴリーA・Eの参加者はこれらの会合に論文を提出することができる
発表の可否はコミッション・ワーキンググループの委員長ならびに国内組織責任者(オーガナイザー)が決
る．論文提出者は，東京大会(本会議)への論文申込み規定に準じて，1980年2月1日までに，コミッショ
ワーキンググループの委員長ならびに第24回国際地理学会議事務局(末尾参照)に，それぞれ要旨1部(計
を送ること．
加費〕　タイプ〔A〕とタイプ〔B〕に大別される(参加費の項につけてある記号)．
イプ〔A〕　集合から解散までの間の交通・宿泊・食事に要するすべての費用と，ガイドブック・地図の費用とに充当する．

すべてのポストコングレス=エクスカーションと約半数のコミッションならびにワーキンググループの会合に適用する．

イプ〔B〕　任意参加巡検期間の交通・宿泊・食事に要する経費(1日巡検の場合には交通費・昼食費，半日巡検の場合には交通費のみ)と，ガイドブック・地図の費用とに充当する．

約半数のコミッションならびにワーキンググループの会合に適用する．論文発表会の費用は特に徴収しないが，その期間中の交通・宿泊・食事に要する経費は，自分で支払うことになる．

れの場合にも，集合地点までと，解散地点からの交通費は含まれない．
加申込み〕　参加希望者は，申込み用紙(Form B)に所要事項を記入の上，タイプ〔A〕の企画には10,000

円．タイプ〔B〕の企画には3,000円の予約金を添えて，1979年10月1日までに申込むこと．プレコングレスならびにポストコングレスのプログラムに対して，それぞれ第3希望まで書くことができる．タイプ〔B〕の企画に含まれる巡検には，参加者数を論文発表会のそれより制限している場合もあるので，申込み用紙に参加希望の有無を明示されたい．タイプ〔B〕の企画の論文発表会にのみ参加を希望する会員は，参加費を要しない．

登録し予約金を支払った申込み者の中から，先着順に希望順位に従って参加者を決定し，その結果を各申込み者に通知するので，1980年4月1日までに参加費の残額を支払われたい．1980年4月1日までに申込みを取消した場合には，予約金を返却する．

〔その他〕 宿泊は1室2名を基準とするが，1室3名以上の場合もありうる．個室を希望する場合には，追加料金を徴収するが，希望に添えない場合もある．

組織委員会は，現段階において可能な限り，正確にかつ安く参加費を算定したが，今後の物価上昇のために参加費を変更せざるをえない場合もある．参加費の増徴はなるべく避けたいが，やむをえない場合には，参加費を増額するか，実施日程を短縮することになる．その場合には できるだけ早く参加者に通知するが，参加者は違約金なしで申込みを取消すことができる．

また，台風などの災害のために旅行ができなくなった場合には，実施日程を変更することがある．

集合・解散地点，日程などの詳細は，1980年5月1日までに参加者に通知する．企画の詳細を知りたい方は各企画の連絡担当者に問合せられたい．

〔各企画の概要〕 以下に各企画の概要を列記する．コードナンバーのCはコミッションまたはワーキンググループを，Eはポストコングレス=エクスカーションを示し，それらの名称に*印をつけたものは，企画内容をコミッションまたはワーキンググループの委員長となお協議中のものである．またPSはPaper Session（論文発表会），FTはField Tour（巡検），（数）は募集人員，（費）は参加費，（組）は組織責任者，（連）は連絡担当者をそれぞれ示す．

---

a) プレコングレス=プログラム（C3を除くコミッションならびにワーキンググループの会合）

C1 地理学思想史

8月27日（朝）京都集合，8月30日（午後）京都解散
PS 3日（京大），FT 京都市内1日．（数）PS 50，FT 43
（費）〔B〕6,400円；（組）水津一朗；（連）竹内啓一

C2 国際地理学用語*

8月31日東京で会合の予定．詳細は委員長 Prof. E. Meynen に照会されたい

C3 ポストコングレス=プログラムを見よ

C4 リモートセンシングによる地理情報の収集と処理*

8月25日（朝食後）東京集合，8月29日（夕食後）東京解散
（数）30；（費）未定；（組）（連）西村蹊二

C5 環境問題

8月27日（昼食後）東京集合，8月31日（昼食後）東京解散
東京およびその周辺にてPSおよびFT．（数）50
（費）〔A〕75,000円；（組）（連）中野尊正

C6 地形調査と地図化

8月25日（夕食後）名古屋集合，8月30日（夕食前）東京解散
名古屋・木曽川流域にてPSおよびFT．（数）20
（費）〔A〕92,000円；（組）（連）大矢雅彦

C7 地形学の野外実験

8月24日（午後）京都集合，8月30日（午後）東京解散

PS 2 日(京大), FT 六甲・焼岳 4 日. (数)PS 60, FT 40
(費)〔B〕54,000 円；(組)市川正巳；(連)奥田節夫

C 8　国際水文学長期計画
8 月26日(夕食後)成田集合, 8 月31日(夕食前)東京解散
PS 2 日(筑波大), FT 東京付近, 富士—箱根 3 日. (数)35
(費)〔A〕83,000 円；(組)山本荘毅；(連)榧根　勇

C 9　山地の地生態学
8 月23日(夕食後)成田集合, 8 月31日(夕食前)東京解散
PS 2 日半(筑波大), FT 中部山地・富士山 5 日半. (数)50
(費)〔A〕126,000 円；(組)(連)吉野正敏

C 10　交通地理
8 月26日(朝食後)東京集合, 8 月30日(夕食前)東京解散
PS 3 日(東京地域の 1 日巡検を含む), FT 富士—箱根 2 日. (数)PS 30, FT 20
(費)PS〔A〕33,000 円, FT を含む場合〔A〕91,000 円；(組)(連)青木栄一

C 11　人口地理
8 月27日(朝)名古屋集合, 8 月30日(午後)名古屋解散
PS 3 日, FT 名古屋付近 1 日. (数)PS 40, FT 30
(費)〔B〕5,200 円；(組)(連)河辺　宏

C 12　国土集落システム*
8 月 26 日(昼食後)札幌集合, 8 月 30 日(朝食後)仙台解散
PS 2 日(札幌・仙台), FT 札幌・仙台各半日. (数)30
(費)〔A〕103,000 円；(組)(連)山口岳志

C 13　農業生産性と世界食糧供給
8 月25日(午後)長野集合, 8 月31日(朝)長食野解散
PS 3 日, FT 長野付近日帰り 2 回. (数)PS 45, FT 45
(費)〔B〕10,000 円；(組)(連)石井素介

C 14　農村の発展
8 月25日(午後)長野集合, 8 月31日(朝)長野解散
PS 3 日, FT 長野付近日帰り 2 回. (数)PS 45, FT 45
(費)〔B〕10,000 円；(組)(連)浮田典良

C 14-a　発展途上国における農村居住の変化
8 月24日(夕食後)岡山集合, 8 月30日(昼食前)岡山解散
PS 半日 3 回, FT 岡山付近半日 3 回, 三朝・大山 3 日. (数)40
(費)〔A〕90,000 円；(組)(連)由比浜省吾

C 15　海岸環境
8 月24日(夕食後)成田集合, 8 月30日(昼食後)下田解散
FT 成田—下田 3 日, PS 2 日(下田). (数)35
(費)〔A〕80,000 円；(組)町田　貞；(連)小池一之

C 16　工業システム
8 月26日(朝)東京集合, 8 月30日(午後)東京解散
PS 3 日, FT 東京付近 2 日. (数)PS 80, FT 30
(費)〔B〕13,600 円；(組)(連)村田喜代治

C 17　地域システムと行政*

8月27日(朝)名古屋集合，8月30日(午後)名古屋解散
PS 3日，FT 名古屋付近1日．(数)PS 30，FT 30
(費)〔B〕5,200円；(組)本城和彦；(連)Fu-chen Lo

C 18　観光とレクリエーションの地理

8月25日(昼食後)軽井沢集合，8月30日(朝食後)白馬解散
PS 1日(軽井沢)，FT 中央高地3日．(数)35
(費)〔A〕92,000円；(組)山村順次；(連)石井英也

C 19　乾燥地域およびその周辺における沙漠化

8月25日(朝食後)東京集合，8月30日(夕食前)東京解散
PS 4日(富士宮)，FT 富士山麓1日．(数)40
(費)〔A〕55,000円；(組)(連)小堀　巌

C 20　市場交換システム

8月27日(朝)名古屋集合，8月29日(夕)名古屋解散
PS 2日，FT 岡崎・名古屋1日．(数)30
(費)〔B〕7,900円；(組)(連)石原　潤

C 21　動的環境地図学

8月27日(昼食前)仙台集合，8月31日(朝食後)仙台解散
PS 半日3回，FT 仙台付近・蔵王2日．(数)30
(費)〔A〕66,000円；(組)村山　磐，式　正英，西村嘉助，松田磐余；(連)式　正英

C 22　応用地理*

8月24日(午後)横浜集合，8月30日(午後)横浜解散
PS 半日4回(横浜)，FT 京浜地区半日3回，多摩ニュータウン1日，箱根2日．(数)PS 40，FT 30
(費)〔B〕23,000円；(組)(連)田辺　裕

C 23　健康の地理

8月26日(朝)東京集合，8月30日(午後)東京解散
PS 3日，FT 箱根1日，東京都内半日．(数)PS 50，FT 20
(費)〔B〕15,000円；(組)(連)籾山政子

C 24　システム分析と数学モデル*

8月27日(朝)名古屋集合，8月29日(午後)名古屋解散
PS 2日，FT 名古屋付近1日．(数)PS 50，FT 25
(費)〔B〕5,200円；(組)(連)石水照雄

C 25　環境のパーセプション

8月25日(昼食後)札幌集合，8月31日(昼食後)東京解散
札幌およびその付近，洞爺・苫小牧にてPSおよびFT．(数)40
(費)〔A〕123,000円；(組)中野尊正，武久義彦；(連)中野尊正

C 26　周氷河地形の研究

8月24日(昼食後)札幌集合，8月30日(昼食後)旭川解散
PS 1日半(北大)，FT 襟裳岬・十勝・大雪山5日．(数)30
(費)〔A〕107,000円；(組)藤木忠美；(連)小野有五

---

b) ポストコングレス=プログラム(コミッションの会合1つとポストコングレス=エクスカーション)

(1) コミッションの会合

C3 地理教育

9月6日(朝食後)東京集合, 9月12日(夕食前)東京解散

PS2日(筑波大), FT北関東・会津・磐梯5日. (数)35

(費)〔A〕78,000円;(組)(連)正井泰夫

(2) ポストコングレス=エクスカーション

E1 北海道

9月6日(昼食後)千歳集合, 苫小牧—札幌—旭川—釧路—帯広, 9月13日(朝食後)札幌解散. (数)30

(費)〔A〕109,000円;(組)岡本次郎;(連)門村 浩

E2 東北

9月6日(昼食後)仙台集合, 山形—福島—北上—十和田—弘前, 9月11日(昼食後)青森解散. (数)30

(費)〔A〕112,000円;(組)西村嘉助;(連)長谷川典夫

E3 首都圏

9月6日(朝食後)東京集合, 銚子—鹿島—日立—宇都宮—伊香保—日光, 9月12日(夕食前)東京解散 (数)30

(費)〔A〕92,000円;(組)山本 茂, 朝野洋一;(連)朝野洋一

E4 東海

9月6日(朝食後)東京集合, 静岡—浜松—渥美半島—豊田, 9月11日(昼食後)名古屋解散. (数)30

(費)〔A〕91,000円;(組)(連)井関弘太郎

E5 北陸・東海

9月6日(昼食後)福井集合, 金沢—五箇山—砺波—黒部—高山, 9月12日(昼食後)名古屋解散. (数)30

(費)〔A〕103,000円;(組)(連)二神 弘

E6 伊勢・志摩

9月6日(昼食後)名古屋集合, 四日市—津—伊勢—鳥羽, 9月9日(昼食後)賢島解散. (数)30

(費)〔A〕69,000円;(組)(連)水越允治

E7 近畿中部

9月6日(昼食後)京都集合, 彦根—奈良—大阪, 9月12日(夕食前)神戸解散. (数)32

(費)〔A〕116,000円;(組)(連)小林 博

E8 瀬戸内海

9月6日(昼食後)岡山集合, 倉敷—福山—大三島—竹原—広島—秋吉台—萩, 9月12日(昼食前)下関解散 (数)32

(費)〔A〕88,000円;(組)石田 寛, 藤原健蔵;(連)藤原健蔵

E9 四 国

9月6日(昼食後)広島集合, 松山—宇和島—高知, 9月13日(朝食後)高松解散. (数)30

(費)〔A〕106,000円;(組)(連)横山昭市

E10 九 州

9月6日(夕食後)長崎集合, 島原—阿蘇—別府—宮崎—霧島, 9月11日(昼食後)鹿児島解散. (数)30

(費)〔A〕88,000円;(組)(連)岩本政教

E11 琉球諸島

9月6日(昼食後)那覇集合, 首里—糸満—本部—石垣島—西表島, 9月12日(朝食後)那覇解散. (数)30

(費)〔A〕125,000円;(組)宮城真宏;(連)目崎茂和

E12 八丈島

円，タイプ〔B〕の企画には3,000円の予約金を添えて，1979年10月1日までに申込むこと，プレコングレスならびにポストコングレスのプログラムに対して，それぞれ第3希望まで書くことができる．タイプ〔B〕の企画に含まれる巡検には，参加者数を論文発表会のそれより制限している場合もあるので，申込み用紙に参加希望の有無を明示されたい．タイプ〔B〕の企画の論文発表会にのみ参加を希望する会員は，参加費を要しない．

登録し予約金を支払った申込み者の中から，先着順に希望順位に従って参加者を決定し，その結果を各申込み者に通知するので，1980年4月1日までに参加費の残額を支払われたい．1980年4月1日までに申込みを取消した場合には，予約金を返却する．

〔その他〕 宿泊は1室2名を基準とするが，1室3名以上の場合もありうる．個室を希望する場合には，追加料金を徴収するが，希望に添えない場合もある．

組織委員会は，現段階において可能な限り，正確にかつ安く参加費を算定したが，今後の物価上昇のために，参加費を変更せざるをえない場合もある．参加費の増徴はなるべく避けたいが，やむをえない場合には，参加費を増額するか，実施日程を短縮することになる．その場合には できるだけ早く参加者に通知するが，参加者は違約金なしで申込みを取消すことができる．

また，台風などの災害のために旅行ができなくなった場合には，実施日程を変更することがある．

集合・解散地点，日程などの詳細は，1980年5月1日までに参加者に通知する．企画の詳細を知りたい方は，各企画の連絡担当者に問合せられたい．

〔各企画の概要〕 以下に各企画の概要を列記する．コードナンバーのCはコミッションまたはワーキンググループを，Eはポストコングレス=エクスカーションを示し，それらの名称に*印をつけたものは，企画内容をコミッションまたはワーキンググループの委員長となお協議中のものである．またPSはPaper Session（論文発表会），FTはField Tour（巡検），（数）は募集人員，（費）は参加費，（組）は組織責任者，（連）は連絡担当者をそれぞれ示す．

---

a）プレコングレス=プログラム（C3を除くコミッションならびにワーキンググループの会合）

C1 地理学思想史

8月27日（朝）京都集合，8月30日（午後）京都解散
PS 3日（京大），FT 京都市内1日．（数）PS 50，FT 43
（費）〔B〕6,400円；（組）水津一朗；（連）竹内啓一

C2 国際地理学用語*

8月31日東京で会合の予定．詳細は委員長Prof. E. Meynenに照会されたい

C3 ポストコングレス=プログラムを見よ

C4 リモートセンシングによる地理情報の収集と処理*

8月25日（朝食後）東京集合，8月29日（夕食後）東京解散
（数）30；（費）未定；（組）（連）西村蹊二

C5 環境問題

8月27日（昼食後）東京集合，8月31日（昼食後）東京解散
東京およびその周辺にてPSおよびFT．（数）50
（費）〔A〕75,000円；（組）（連）中野尊正

C6 地形調査と地図化

8月25日（夕食後）名古屋集合，8月30日（夕食前）東京解散
名古屋・木曽川流域にてPSおよびFT．（数）20
（費）〔A〕92,000円；（組）（連）大矢雅彦

C7 地形学の野外実験

8月24日（午後）京都集合，8月30日（午後）東京解散

PS 2 日(京大), FT 六甲・焼岳 4 日. (数)PS 60, FT 40
(費)〔B〕54,000円;(組)市川正巳;(連)奥田節夫

C 8　国際水文学長期計画
8月26日(夕食後)成田集合, 8月31日(夕食前)東京解散
PS 2 日(筑波大), FT 東京付近, 富士—箱根 3 日. (数)35
(費)〔A〕83,000円;(組)山本荘毅;(連)榧根　勇

C 9　山地の地生態学
8月23日(夕食後)成田集合, 8月31日(夕食前)東京解散
PS 2 日半(筑波大), FT 中部山地・富士山 5 日半. (数)50
(費)〔A〕126,000円;(組)(連)吉野正敏

C 10　交通地理
8月26日(朝食後)東京集合, 8月30日(夕食前)東京解散
PS 3 日(東京地域の 1 日巡検を含む), FT 富士—箱根 2 日. (数)PS 30, FT 20
(費)PS〔A〕33,000円, FT を含む場合〔A〕91,000円;(組)(連)青木栄一

C 11　人口地理
8月27日(朝)名古屋集合, 8月30日(午後)名古屋解散
PS 3 日, FT 名古屋付近 1 日, (数)PS 40, FT 30
(費)〔B〕5,200円;(組)(連)河辺　宏

C 12　国土集落システム*
8月 26 日(昼食後)札幌集合, 8月 30 日(朝食後)仙台解散
PS 2 日(札幌・仙台), FT 札幌・仙台各半日. (数)30
(費)〔A〕103,000円;(組)(連)山口岳志

C 13　農業生産性と世界食糧供給
8月25日(午後)長野集合, 8月31日(朝)長食野解散
PS 3 日, FT 長野付近日帰り 2 回. (数)PS 45, FT 45
(費)〔B〕10,000円;(組)(連)石井素介

C 14　農村の発展
8月25日(午後)長野集合, 8月31日(朝)長野解散
PS 3 日, FT 長野付近日帰り 2 回. (数)PS 45, FT 45
(費)〔B〕10,000円;(組)(連)浮田典良

C 14-a　発展途上国における農村居住の変化
8月24日(夕食後)岡山集合, 8月30日(昼食前)岡山解散
PS 半日 3 回, FT 岡山付近半日 3 回, 三朝・大山 3 日. (数)40
(費)〔A〕90,000円;(組)(連)由比浜省吾

C 15　海岸環境
8月24日(夕食後)成田集合, 8月30日(昼食後)下田解散
FT 成田—下田 3 日, PS 2 日(下田). (数)35
(費)〔A〕80,000円;(組)町田　貞;(連)小池一之

C 16　工業システム
8月26日(朝)東京集合, 8月30日(午後)東京解散
PS 3 日, FT 東京付近 2 日. (数)PS 80, FT 30
(費)〔B〕13,600円;(組)(連)村田喜代治

C 17　地域システムと行政*

8月27日(朝)名古屋集合，8月30日(午後)名古屋解散
PS 3日，FT 名古屋付近1日．(数)PS 30，FT 30
(費)〔B〕5,200円；(組)本城和彦；(連)Fu-chen Lo

C 18　観光とレクリエーションの地理
8月25日(昼食後)軽井沢集合，8月30日(朝食後)白馬解散
PS 1日(軽井沢)，FT 中央高地3日．(数)35
(費)〔A〕92,000円；(組)山村順次；(連)石井英也

C 19　乾燥地域およびその周辺における沙漠化
8月25日(朝食後)東京集合，8月30日(夕食前)東京解散
PS 4日(富士宮)，FT 富士山麓1日．(数)40
(費)〔A〕55,000円；(組)(連)小堀　巌

C 20　市場交換システム
8月27日(朝)名古屋集合，8月29日(夕)名古屋解散
PS 2日，FT 岡崎・名古屋1日．(数)30
(費)〔B〕7,900円；(組)(連)石原　潤

C 21　動的環境地図学
8月27日(昼食前)仙台集合，8月31日(朝食後)仙台解散
PS 半日3回，FT 仙台付近・蔵王2日．(数)30
(費)〔A〕66,000円；(組)村山　磐，式　正英，西村嘉助，松田磐余；(連)式　正英

C 22　応用地理*
8月24日(午後)横浜集合，8月30日(午後)横浜解散
PS 半日4回(横浜)，FT 京浜地区半日3回，多摩ニュータウン1日，箱根2日．(数)PS 40，FT 30
(費)〔B〕23,000円；(組)(連)田辺　裕

C 23　健康の地理
8月26日(朝)東京集合，8月30日(午後)東京解散
PS 3日，FT 箱根1日，東京都内半日．(数)PS 50，FT 20
(費)〔B〕15,000円；(組)(連)籾山政子.

C 24　システム分析と数学モデル*
8月27日(朝)名古屋集合，8月29日(午後)名古屋解散
PS 2日，FT 名古屋付近1日．(数)PS 50，FT 25
(費)〔B〕5,200円；(組)(連)石水照雄

C 25　環境のパーセプション
8月25日(昼食後)札幌集合，8月31日(昼食後)東京解散
札幌およびその付近，洞爺・苫小牧にてPSおよびFT．(数)40
(費)〔A〕123,000円；(組)中野尊正，武久義彦；(連)中野尊正

C 26　周氷河地形の研究
8月24日(昼食後)札幌集合，8月30日(昼食後)旭川解散
PS 1日半(北大)，FT 襟裳岬・十勝・大雪山5日．(数)30
(費)〔A〕107,000円；(組)藤木忠美；(連)小野有五

b) ポストコングレス=プログラム(コミッションの会合1つとポストコングレス=エクスカーション)

(1) コミッションの会合

C3　地理教育

9月6日(朝食後)東京集合，9月12日(夕食前)東京解散

PS2日(筑波大)，FT 北関東・会津・磐梯5日．(数)35

(費)〔A〕78,000円；(組)(連)正井泰夫

(2) ポストコングレス=エクスカーション

E1　北海道

9月6日(昼食後)千歳集合，苫小牧―札幌―旭川―釧路―帯広，9月13日(朝食後)札幌解散．(数)30

(費)〔A〕109,000円；(組)岡本次郎；(連)門村　浩

E2　東北

9月6日(昼食後)仙台集合，山形―福島―北上―十和田―弘前，9月11日(昼食後)青森解散．(数)30

(費)〔A〕112,000円；(組)西村嘉助；(連)長谷川典夫

E3　首都圏

9月6日(朝食後)東京集合，銚子―鹿島―日立―宇都宮―伊香保―日光，9月12日(夕食前)東京解散

(数)30

(費)〔A〕92,000円；(組)山本　茂，朝野洋一；(連)朝野洋一

E4　東海

9月6日(朝食後)東京集合，静岡―浜松―渥美半島―豊田，9月11日(昼食後)名古屋解散．(数)30

(費)〔A〕91,000円；(組)(連)井関弘太郎

E5　北陸・東海

9月6日(昼食後)福井集合，金沢―五箇山―砺波―黒部―高山，9月12日(昼食後)名古屋解散．(数)30

(費)〔A〕103,000円；(組)(連)二神　弘

E6　伊勢・志摩

9月6日(昼食後)名古屋集合，四日市―津―伊勢―鳥羽，9月9日(昼食後)賢島解散．(数)30

(費)〔A〕69,000円；(組)(連)水越允治

E7　近畿中部

9月6日(昼食後)京都集合，彦根―奈良―大阪，9月12日(夕食前)神戸解散．(数)32

(費)〔A〕116,000円；(組)(連)小林　博

E8　瀬戸内海

9月6日(昼食後)岡山集合，倉敷―福山―大三島―竹原―広島―秋吉台―萩，9月12日(昼食前)下関解散

(数)32

(費)〔A〕88,000円；(組)石田　寛，藤原健蔵；(連)藤原健蔵

E9　四　国

9月6日(昼食後)広島集合，松山―宇和島―高知，9月13日(朝食後)高松解散．(数)30

(費)〔A〕106,000円；(組)(連)横山昭市

E10　九　州

9月6日(夕食後)長崎集合，島原―阿蘇―別府―宮崎―霧島，9月11日(昼食後)鹿児島解散．(数)30

(費)〔A〕88,000円；(組)(連)岩本政教

E11　琉球諸島

9月6日(昼食後)那覇集合，首里―糸満―本部―石垣島―西表島，9月12日(朝食後)那覇解散．(数)30

(費)〔A〕125,000円；(組)宮城真宏；(連)目崎茂和

E12　八丈島

9月6日(昼食後)東京集合，9月8日(昼食前)東京解散.（数)25
(費)〔A〕65,000円；(組)(連)大村　肇

E 13　富士・箱根火山とその周縁地域

9月6日(朝食後)東京集合，相模野—富士山—箱根—大磯—三浦半島，9月9日(夕食前)東京解散.(数)30
(費)〔A〕68,000円；(組)町田　洋；(連)米倉伸之

E 14　新潟平野と佐渡の地形と土地利用

9月6日(昼食前)小出集合，小千谷—長岡—新潟—佐渡，9月10日(夕食前)新潟解散.（数)28
(費)〔A〕81,000円；(組)(連)太田陽子

E 15　立山と黒部峡谷

9月6日(朝食後)富山集合，9月10日(昼食後)富山解散.（数)20
(費)〔A〕85,000円；(組)深井三郎；(連)藤井昭二

E 16　日本アルプスと中部地方の構造谷

9月6日(朝食後)東京集合，伊那谷—木曽谷—乗鞍岳—上高地—白馬山麓，9月12日(昼食後)松本解散.（数)30
(費)〔A〕84,000円.（組)(連)小野有五

E 17　瀬戸内・四国東部の地形

9月6日(昼食前)大阪集合，六甲—淡路—徳島—室戸岬—高知—阿波池田，9月11日(昼食後)岡山解散.（数)30
(費)〔A〕91,000円；(組)(連)岡田篤正

E 18　中央日本および西日本

9月6日(朝食後)東京出発，富士山麓—焼津—浜松—京都—彦根—奈良—大阪—広島—秋吉台—萩—下関—北九州，9月13日(夕食前)福岡解散.（数)30
(費)〔A〕165,000円；(組)鴨澤　巌；(連)田淵　洋

---

11. 日本交通公社主催の旅行(Cultural Excursions)

日本交通公社では会員のために次の旅行を計画している．参加希望者は同封の申込み用紙（Form C)に記入の上，提出すること.

コースコード	行先	期日
プレコングレス期間中(本会議開催前)		
CE—1	北海道	8月26日～31日
CE—2	北九州	8月26日～31日
ポストコングレス期間中(本会議終了後)		
CE—3	北海道	9月6日～11日
CE—4	鎌倉，箱根，京都，奈良	9月6日～10日
CE—5	名古屋，鳥羽，京都，奈良	9月6日～10日
CE—6	北九州	9月6日～11日
CE—7	日光(日帰り)	9月6日～10日まで毎日
CE—8	鎌倉，箱根(日帰り)	9月6日～10日まで毎日

参加費用は次のとおり(東京発・東京着)

コースコード	2人部屋	1人部屋	備　　考
CE—1, 3	175,000円	194,000円	航空運賃を含む
CE—2, 6	183,000円	204,000円	航空運賃を含む
	帰途大阪までの方		
	173,000円	192,000円	
CE—4	92,000円	110,000円	
CE—5	103,000円	127,000円	
CE—7	16,000円		昼食を含む
CE—8	16,000円		昼食を含む

料金は1980年のもので，今後の変更はない予定.

12. 欧文サード=サーキュラー(第3報)について

1980年IGC第3報は，1980年の春に刊行する予定である.

13. そ の 他

第24回IGCの東京大会(本会議　8月31日の本登録日から9月5日まで)に参加する国立大学教官には，文部省より旅費が支給される予定である．公私立大学等においても，これに準ずる処置が期待される.

国際地理学会議事務局(Congress Office)の宛名

〒100　東京都千代田区内幸町 2-2-1　日本プレスセンタービル8F
日本コンベンションサービス気付(TEL 03-508-1211)
第24回国際地理学会議事務局

事務局長(IGC Secretary-General)の宛名

〒300-31　茨城県新治郡桜村
筑波大学地球科学系
吉野正敏(TEL 0298-53-4308)
〔事務取扱者〕　増田啓子・田辺淳子(TEL 0298-53-4430)

お し ら せ

第 24 回国際地理学会議（1980 年 9 月東京で 開催）の登録申込み用紙 (Form A と Form B) 及び上記に関連したホテル宿泊，日本交通公社主催の旅行の申込み用紙 (Form C) と発表申込みカードは，下記の東京地学協会事務所に備えてあります。御希望の方には，電話・郵便などにて御連絡いただければ，上記用紙一揃いをお送りいたします。また事務所にて直接差しあげることもできます。

東京地学協会

宛名番地：〒102　東京都千代田区麹町二番町 12–2
電話番号：(03)–261–0809

東京地学協会取扱い出版物

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円
〒 400円

上松
足尾
厚田
阿仁合
赤穂
秋葉山
岩内
飯田
今治西部
伊予三崎
岩館
宇部
宇部東部
襟裳岬
渡島小島
飫肥
大垣
大迫
大畑
近江長浜
大屋市場
鬼鹿
尾花沢
小浜
盤川
海南
唐津
冠島
霧島山
串本
鞍岡
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
田沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智
男体山
西方
沼田
鋸崎
八丈島
春立
羽幌
浜益
東茂住
燧岳
平戸
人首
船津
幌加内
本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
森吉山
門別
焼尻島
吉野山
呼子
留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島
大村
奥津
大江山
鹿屋
上里
蠣ノ浦
加子母
金木
加治木
北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
川内
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦
肥前高島付野母崎
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

五所川原
田老
妹背牛
△横田

脇野沢
850円　〒400円

山形市北部地質図
各 2,390円
〒 500円

竹田
蓼科山

2,390円
〒 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
伊良部島
岩沼
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
尻屋崎
竹貫
多良間島
鶴居
利島
富江
那珂湊
野尻
彦根東部
都城
八雲
陸奥川内
米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田
知内
大樹
館
多里
▲津幡
飛騨古川

各 1,840円
〒 450円

秋田
上石見
本荘
八が岳

各1組 600円
〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ
大槌・霞露岳
大間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡
掛塚・見付

1/20万 地質図　各 〒 300円

各440 円

石巻
大分
男鹿島
唐津
高知
野辺地
羽幌
松山
輪島
伊良湖岬

各 620円

青森
網走
酒田
新庄
標津
苫小牧
深浦
宮津
稚内

各 870円

岩内
天塩
広尾
尻屋崎

各 1,140円

根室
鳥取
剣山
斜里

各 1,310円

留萌
▲宮古島
知床岬
釧路
豊橋
野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎
旭川

2,350円

弘前および深浦

1/7万5千 地質図説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首
高松
徳島
勿来

1/50万 地質図

1,950円
福岡

500円
八丈島
奄美大島

2,320円
釧路

以上〒 300円

地学雑誌 隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。各号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 4 (832), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物 (▲印新刊)

各 〒400円

▲1/200万	日本鉱床分布図帯(17-2,3,4)	3,010
▲1/200万	日本の熱水変質分布図(19-1)	1,540
1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質 ▲(地質図説明書組の場合) 3,230	2,500 1,080
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
1/100万	日本地質図	4,690 〒500

海洋地質図　各 〒400円

1/ 20万	(I) 甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(II) 対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(III) 相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(IV) 相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(V) 紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(VI) 紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(VII) 琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(VIII) 西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(IX) 八戸沖表層堆積図	2,350
1/ 20万	(X) 八戸沖海底地質図	1,970
1/100万	(XI) 日本海溝，千島海溝南部	2,650
▲1/ 20万	(XII) 西津軽海盆表層堆積図	2,440

日本油田ガス田図	(I)	青山奥	820
〃	(II)	横浜	820
〃	(III)	横須賀	820
〃	(VII)	魚沼	3,410 〒750
〃	(VIII)	本宿	1,510
〃	(IX)	七谷	820
〃	(X)	茂原	2,140
〃	(XI)	佐渡	1,510
同上		説明書佐渡	1,510

日本水理地質図　各 〒400円

(IV)	山梨県釜無川および笛吹川流域	650
(V)	香東川・土器川・財田川流域	650
(VI)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	650
(VII)	千葉西部	650
(VIII)	奈良県大和川流域	650
(XI)	長野県松本盆地	650
(XII)	兵庫県南西部	650
(XIII)	佐賀・福岡県筑後川中流域	650
(XV)	都城盆地	650
(XVI)	仙台湾臨海地域	840
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	650
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	650
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	650
(XX)	鳥取県日野川流域	840
(XXI)	福岡県矢部川中流域	840
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,110
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,390
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,390
(XXV)	島原半島	1,510
(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,260
(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,260
(XXVIII)	福島県郡山盆地	1,390

空中磁気図　各 〒450円

(I)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,030
(II)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,030
(III)	浜頓別—雄武—網走海域	590
(IV)	御前崎—浜松—豊橋海域	590
(V)	西九州長崎—川内海域	590
(VI. VII)	気仙沼-岩沼-磐城-日立-鹿島-鴨川海域	1,030
(VIII. IX. X)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,030
(XI XII)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,030
(XIII)	福井-豊岡-隠岐海域	590
(XIV. XV. XVI)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1,550
(XVII, XVIII)	天北-十勝地域	590
▲(XIX. XX)	日高—大雪地域	590
▲(XXI. XXII)	奥尻—津軽—西津軽—男鹿半島—酒田海域	1,030
▲(XXIII)	五島列島—野母崎—男女群島—甑島海域	1,030

各〒450円(ただしI，II，IIIは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870円)

日本炭田図	(I)	常磐炭田図ならびに説明書	1,760
〃	(II)	北松	2,930
〃	(III)	留萠炭田大和地区	730
〃	(IV)	常磐炭田泉地域	730
〃	(V)	釧路炭田新鐘別地域	730
〃	(VI)	石狩炭田空知区東芦辺地域	1,330
〃	(VII)	釧路炭田北西部	1,330
〃	(VIII)	雨竜—留萠	2,930
〃	(IX)	佐世保市南西部新	1,330
〃	(X)	新潟県赤谷	1,330
〃	(XII)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	1,760
〃	(XIII)	天北炭田地質図	4,19
		天北炭田炭層対比図炭柱図	2,65

Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
並製 3,780円



写真 1 広西省桂林空港周辺の岩溶景観（デボン紀石灰岩）。

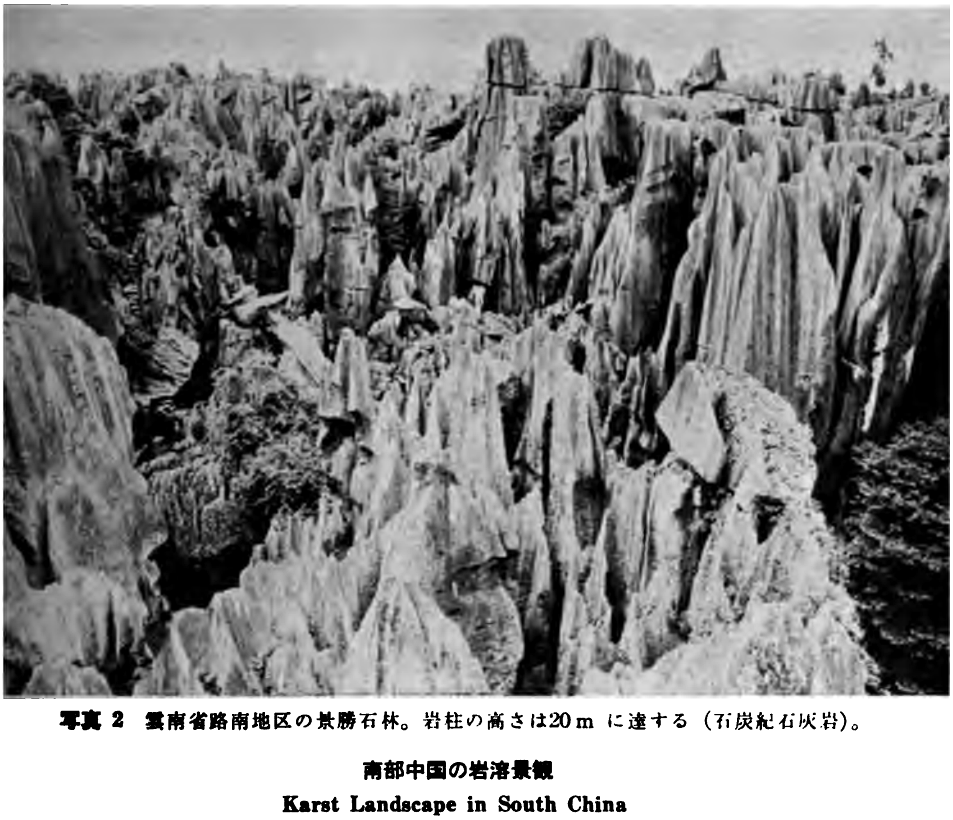


写真 2 雲南省路南地区の景勝石林。岩柱の高さは20 m に達する（石炭紀石灰岩）。

南部中国の岩溶景観

Karst Landscape in South China

の山水そのままの地形が現実となって眼前に展開されるとき，誰しも理屈をぬきにしてさすがに中
いう感慨を覚えるに違いない。雲南省から貴州・広西両省にかけての南部中国は，この種の岩溶地形
といって過言でなく，昨今景勝地として脚光を浴びている桂林の奇峰は，それらのごく一部にすぎ
である。その桂林には国家地質総局岩溶研究所があって，そこではカルスト地形を中国全国土にわ
理学の面のみならず，農・工に対する水資源，鉱産・観光資源といった観点からも，広く研究の対



写真 4　貴州省独山地区の岩溶景観（デボン紀石灰岩）。

象としている。

中国のカルストは，解析の度合と岩相とによっていくつかの型に分類されているが，中でも印象深いのは，水田の広がる平野から無数の屹立尖峰がそびえる，進んだ岩溶地形である（写真１，４）。少し山地に入ると，泥質岩などをはさむ部分が低いローリング・ヒルをなし，その先に尖峰の列また列，という独特のスカイラインが生まれる（写真３）。標高2500～3000 m の高地を占める雲南省の昆明（クンミン）―路南（ルーナン）地区では，植生が乏しいためカルストが著しく発達して，石林（シーリン）を代表とする石塔，岩柱型の露岩地帯が随所にみられる（写真２）。

（1979年6月浜田隆士撮影 photo by T. HAMADA）

地学雑誌 88, 4 (1979)

イエーメン・アラブ共和国の環境地質 (第一報)
—自然環境と水利用—

新藤静夫* 田口雄作**

Environmental Geology of Yemen Arab Republic (1)
— Natural Environment and Water Use —

Shizuo SHINDOU and Yuhsaku TAGUTSCHI

Abstract

Yemen Arab Republic is located in the south-western corner of the Arabian Peninsula. The area lies between parallels of latitude 12°30′ and 17°30′N. and meridians of longitude 42°30′ and 46°30′E. Yemen was known as "Arabia Felix" and had high civillization in ancient age. But since its hard natural environments, the development of this country fell behind the time. Among of them, water supply problem is the most important matter. In response to the request made by the Government of the Yemen Arab Republic, the preliminary survey of the "Rural Water Supply Projects were carried out by the Japan International Cooperation Agency (JICA).

In this paper at first, we elucidate the background of water supply problems and the feature of geohydrological condition of this country. Next, we clarify the mode of occurrence and movement of groundwater which is restricted by the condition mentioned above.

The summary of this paper is as follows:

1. Topographical feature.
   i. Yemen's main watershed runs from north to south and divides the country into two parts, western half and the eastern half.
   ii. The main watershed or central highland is comparatively flat and in some areas tectonic basins are pointed out.
2. Hydrological feature.
   i. As shown in Figure 7, the highest annual rainfall falls in the central highlands and the lowest in the eastern lowlands and the western lowlands.
   ii. Springs are observed in the wadi beds and support some small streams in the mountain area.
3. Hydrogeological feature.
   i. Geological succession is shown under.
   (lower to upper)

* 筑波大学地球科学系 Institute of Geoscience, University of Tsukuba
** 通産省地質調査所環境地質部 Geological Survey of Japan

Basement complex——Pre-Cambrian
Wajid sandstone——Ordovician
Kohlan series——Lower Jurassic
Amran series——Upper Jurassic
Tawilah group and Medj-Zir series——Cretaceous to Paleocene
Yemen volcanics——Upper Cretaceous to Tertiary
Baid formation——Miocene to Pliocene
Quaternary basalts——Alluvium

ii. Main aquifer in this country is Alluvium, Quaternary basalts and Yemen volcanics. On the other hand the rest can be regarded as aquitard or aquiclude, (especially basement complex as aquifuge).

iii. As shown in Figure 12, aquifers are exposed in the central highlands and in the eastern and the western lowlands and aquitards or aquicludes are exposed in the mountain area.

4. Mode of occurrence and movement of groundwater.

i. From mentioned above condition, the central highlands can be regarded as recharge area of groundwater.

ii. For the most part, perennial streams in the mountain area are feeded by the outflow of groundwater from the central highlands.

iii. In Tihama plain and the eastern lowlands alluvium underlies a thick cover of eolian deposits and for its high infiltration capacity, surface flow change into groundwater rapidly.

I. 序　論

1. はじめに

筆者等は昭和53年11月より12月にかけ，前後３週間にわたり，国際協力事業団より派遣され，イエーメン・アラブ共和国における地方水道計画の事前調査を行なう機会を得た。この調査は今後に予定されている本格調査とそれに引きつづく水源開発工事を円滑に進めるため，先方政府の意向聴取，水源開発予定地域の概況の把握を目的としたもので，期間は短かかったが，その間に同国の約 1/3 の地域を踏査し，乾燥地域の水のあり方，ならびに水利用について，いくつかの新知見を得ることが出来た。詳細については，今後の調査に待つところが大きいが，今回は今までに紹介されることの少なかった同国の自然環境と水利用の概況についてのべ，今後の調査の進め方などについても読者の方々からの御教示をいただければと思い，とりあえずまとめることとした。

小論を公表するに当り，調査の機会を与えて下さった国際協力事業団(担当地曳隆起氏)，調査団員として同行し，御助力いただいた通産省地質調査所武居由之氏，国土開発技術研究センター山口嘉之氏，建設省東北地方建設局江川良武氏の各位に心から感謝申し上げる。

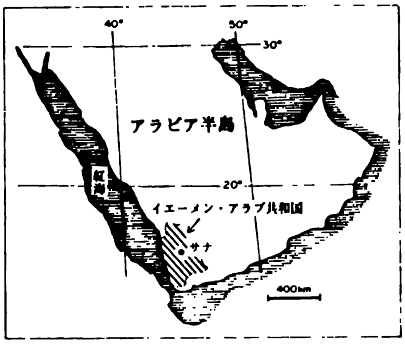
またこの調査に参加するそもそものきっかけを作っていただいた，立正大学の山本荘毅教授，現地調査に際して非常にお骨折りをいただいた日本大使館の塩谷臨時代理大使，多くの助言と資料の提供をいただいた株式会社日本テクノの高松幹二氏にも深く感謝申し上げる。

2. イエーメン・アラブ共和国の概要

イエーメン・アラブ共和国はアラビア半島の南西端部に位置し，北と東はサウジアラビア，南はイエーメン民主人民共和国に接し，西側は紅海をへだててアフリカ大陸に対峙している。

積は195,000 km^2 で日本の約 1/2 である。
アラビアという語から我々は広漠たる砂漠を思い浮べる
この国はむしろ山岳国家といった方が良く，首都の
naá をはじめ，地方の小都市や集落は，中央部の山岳
帯あるいは高原地帯に立地するものが多い。
約650万人と推定される人口は全国にほぼ一様に分散し，
だった人口の集中は首都の他，紅海に面した商業都市
Hudaydah, 南部の Taizz, Ibb 等にみられるだけであ

地方の一集落の構成家屋数は数10軒のオーダーのものが
く，しかもこれらが山岳地帯の山頂部に立地する傾向が
り[1]，この国の水問題を一層難かしいものとしている。



第1図　イエーメン・アラブ共和国の位置

さて，イエーメンはかつてArabia Felix (幸福のアラビア) と呼ばれ，アラビア半島では唯一の自然に
まれた国として，B. C 750年の Sabaá 王朝以来数代の王朝が栄えて来たといわれる。
当国北西部にある Marib には世界最古のものとされるダムの遺跡があり，その付近には写真1，2に

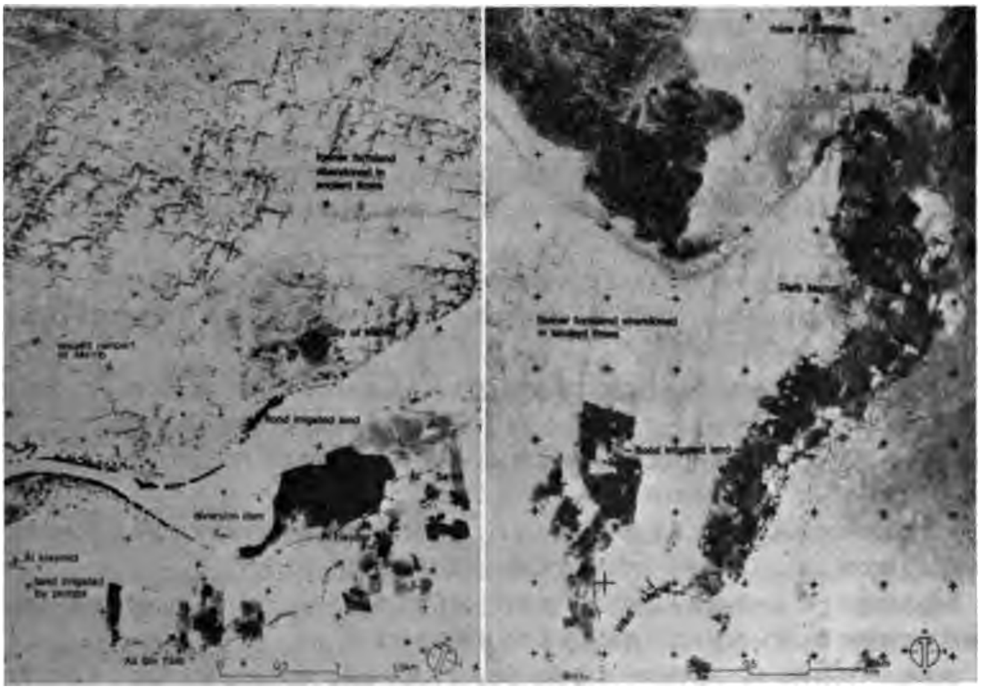


写真 1，2　北イエーメン東部のマリブ付近にみる古代農耕の遺構（右側の写真には現在の洪水かんがいによる耕地がみられる (Central Plann. Org., Y.A.R. (1978) による)

1) 集落が山頂部に立地する理由については，推測の域を出ないが
1. 外敵の侵入からの防禦
2. 気候条件，当国は低緯度にありながら，山岳部では温和で降雨に恵まれている。
3. 土地条件，耕地に適する平坦面が多い，また土壌層も厚い。
4. 精神的あるいは宗教的なものが考えられる。

あるような一種の条理遺構がのこっている。しかしそののち1546年以来2回にわたるオスマントルコの侵略があり，加えて英国の南イエーメン支配の影響もあって，低迷の時代が続いた。1918年イスラム教シーア派のザイド派のイマーム（教主）たるヤフヤーが立って国王となり，外国の支配を排して独立したが外からの影響を恐れて鎖国政策をとったため，近代化への路線から大きく立ち遅れることとなった。

1948年革命が起り，1962年に共和制がしかれたが，しばらくは王制派との間に抗争が続き，ようやく内乱が終息したのは1968年にいたってからである。現在も国情が完全に安定したとはいい切れず，中央政府の内部機構は勿論，地方の行政も充分とは行なわれず，むしろ部族勢力の均衡の上に立っているといった方が良い。加えて国際的には東西勢力の影響もあって，しばらくは混迷の時代を経験しなければならないといった状況である。

近代化のいちぢるしい立ち遅れを示す資料として，つぎのいくつかの例をあげることが出来る。即ち1970年度の国民所得3億ドル（1人平均50ドル），10歳以上の文盲率87%，5～14歳以上の就学率12.6%，平均寿命40歳といった数字からその状況がうかがえる。

当国はアラビア半島唯一の農業国で，国民の90%は農業に従事しており，国民生産の70%は農産物によって得ている。それでも国土の大半が山岳地帯，紅海に面した乾燥地帯，東部のルブ・アル・ハリ砂漠地帯といった土地条件にあるため，農地面積は全イエーメンの15%（降雨待ちの休耕地を考えると12%になる）に過ぎない。このため農業国でありながら，食糧の50%は輸入に頼っているといった状態である。

このようなことから，この国の経済は50～200万人といわれる出稼ぎ労働者（主としてサウジアラビアで働いている）の仕送りや海外援助によって支えられている状況で，“世界一貧しい国”という酷評のあるのも頷ける感じがする。

3. イエーメンにおける水問題の現状

政府はしかしこの様な悪条件にかかわらず国民の生活を向上させる努力を意欲的に推し進めている。各国からの援助あるいは借款による道路の建設の外，工場，農場の建設も着々と進められているが水問題もその重要施策の一つとなっている。

現在の水利用状況はのちに詳述されるが，きわめて低度であって，いわゆる公共水道の普及しているのは首都の Sanaá の他，Hudaydah, Taizz ぐらいのもので一部でようやく小規模な簡易水道が施工されるようになったに過ぎない。

山岳地帯のほとんどでは，いまだに唯一の水源は限られた時期のしかも少量の降水に頼っている。恐らく全国民の80～90%はこういった状態にあると思われる。それでも常時水が確保されれば良い方で，貯水が涸渇した場合には水を得るために10 km から20 km の遠方まで水を汲みに行かなければならない。こういった仕事はすべて，女，子供の肩にかかっているのである。

先に当国の平均寿命が低いことを述べたが，その大きな原因は消化器系統の病気による幼年時の死亡率が高いためであって，しかもその大半は極度に悪い水質に起因するといわれている。

勿論水問題はこうした生活用水に限らず，農業の上でも重要課題となっており，この国の農業生産は灌漑用水の確保によっていちぢるしく高められることは明らかである。

以上のような背影から，水源開発は各国の手で手がけられており，その主な国として，サウジアラビア，アメリカ，イラク，ソ連等があげられるが，最も熱心なのはサウジアラビアである。

始めにもどるが今回の調査と引き続く本格調査は日本政府が当国の要請にもとづいて円借款を前提として実施にとりかかる水源開発事業の一環で，第一回の調査及びそれにもとづく詳細設計につづく第二回目のものである。

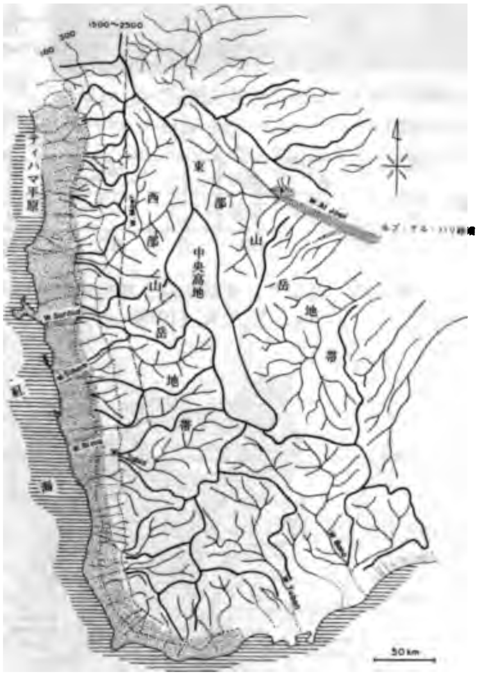
第一回目の調査は昭和51年に実施されたが，当時計画サイト中，道路事情その他の事情のため実施計画から外されていたものが今回の計画の中に繰延べられている。即ち主として山岳地帯の水源開発が今回の

的となっている[3)]。

II. 自然環境

. 地形

に述べたようにイエーメン・アラブ共和国の国土の大半は山岳地帯である。即ち標高3,000 m を越え脈が紅海に平行して，ほぼ南北に連なり，第2図に示したように当国の水系を大きく東西に分けていいま主要ワジ[4)]に沿う東西方向の断面によって，地形上の特徴をみると，第3図のようであって，中央を境として極端な非対称形をなしているのがされる。即ち紅海に面した標高0～500 m の平野の西縁は急激に高度を増す山岳地帯で画れている。山岳地帯は地殻変動による分断侵触作用が加わって，極めて急峻な地形となている。



第2図　イエーメン・アラブ共和国の水系概要図

央の背稜山脈は標高1500 m 以上で，高原状し，比較的平坦な地貌を呈する。この部分に造性のものと考えられる盆地群が所々に指摘る。これより東部では徐々に高度を下げ，標00～1500 m の比較的なだらかな丘陵性の地なす山地をへて，広大なルブ・アル・ハリ砂とつづいている。

掲の文献17) によれば，当国の地形は東西方断面でみて，大きくつぎのように分類され，のように示される。

. 西斜面

- Western lowlands ············0～500 m
- Western midlands········500～1,500 m
- Western highlands········1,500 m 以上

. 東斜面

- Eastern highlands··1,500 m 以上
- Eastern midlands ··1,000～1,500 m
- Eastern lowlands··1,000m 以下

. 中央高地

Central highlands··1,800～2,400 m

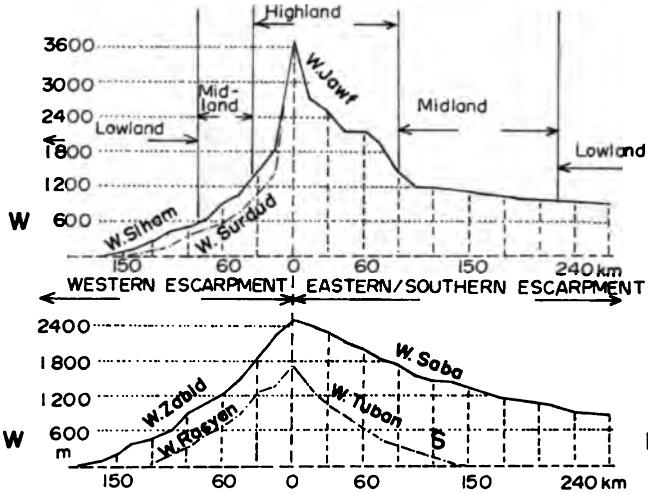
々について若干解説しておく。

. **Western lowlands**

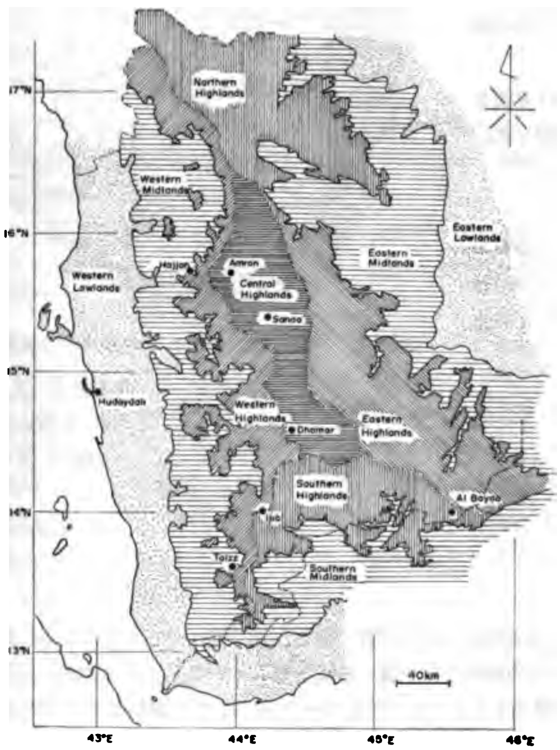
ihamah と呼ばれ,紅海に面した幅30～40 km の海岸平野である。第2図に示したように海岸部はほぼ20 km の幅で砂丘が発達し，これより内陸部では土質の砂漠となっている。また山脚部に扇状地が発ている。ワジと称する間歇河川が平地面を2～3 m (時に4～5 m) ほど下刻して東一西に流れてい。山脚部に近いところでは一部に流水をみるものの，ほとんどは涸れ川となっている。また海岸寄り

3) 全部で14サイトであるが，ほぼ全国に散在している。

4) Wadi, 不断河川もみられるが大半は出水時にのみ流水がみられる。山間部では流路は固定されているが平地部では乱流するものが多い。



第3図　主なワジ流路に沿う地形断面 (Central Plann. Org., Y.A.R. (1978) による)



第4図　イエーメン・アラブ共国和の地形区分 (Central Plann. Org., Y.A.R. (1978) による)

では流路も定まらず，洪水の度に乱流しているようである。この様に極度に乾いた Tihamah 平原の中にも所々に緑がみられ，いわゆるオアシスが存在する。また上空よりみると帯状に続く緑地帯も遠望されるが，このようなところは地下水の浅い部分と判断される。

b. Western midlands，Western highlands

大きなワジ沿い，または山間盆地に平坦地をみる外は急峻な地形である。谷底部には Precambrian などの古い時代の地層が露出し，流水もみられるようになる。ほぼ1,500 m 付近より高いところで平坦地が多くなり，耕作も行なわれ，集落がみられるようになる。更に高標高の山稜に近いところでは，地形的に可耕地と思われるところは余すところなく耕作されており，この国の典型的な階段畑の景観が展開する。第5図と写真3は集落の分布状態と土地利用状況である。

c. Central highlands

南北 240 km，東西 30～50 km にわたって，1,500 m 以上，3,000 m に達する高地がひろがり，首都 Sanaá をはじめ，主な都市が立地する。平坦面が多く分布し，地形がなだらかである。

比較的規模の大きな盆地がこの地帯を南北に連ねて分布している。常時流水のみられる Wadi はなく，流路が明確に追跡出来ないものが多

い。この地域には次にのべるように volcanic rock あるいは第四紀の堆積物が厚く被っており，浸透性が良いため，盆地内に流れ込むものは末端は尻無川の様になっているようである。

d. Eastern highlands, Eastern midlands

西斜面に比べてなだらかで，地形でみる限り土地条件は良いにもかかわらず，耕地ならびに集落は少ない。つぎにのべる水文気象条件や地質条件の相異によるところが大きいように思われる。

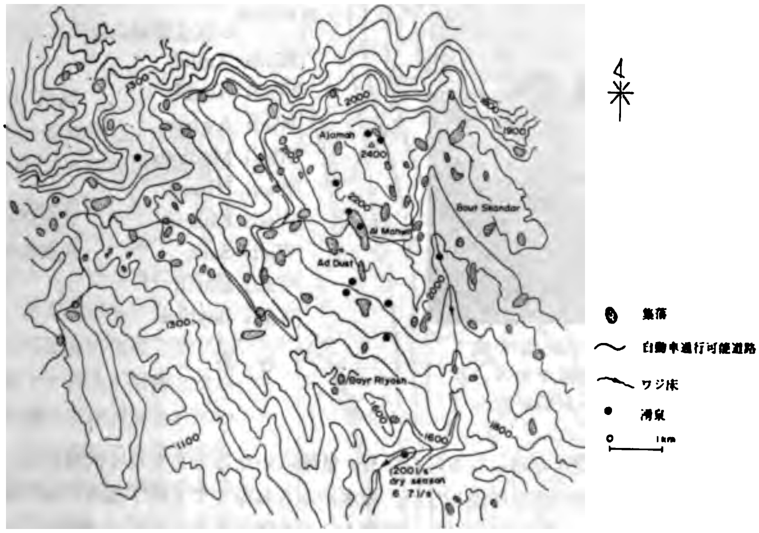
このような地形上の大きな傾向の外にこの国の水文地理的条件を理解するために必要ないくつかの特徴を紹介しておく。

ケスタ地形

硬質岩部と軟質岩部が互層をなし，単斜構造をなして



写真 3　Sanaa-Hudaydha 道路，Al Khamis 付近の峠よりの眺望。谷底から山頂まで丹念に階段畑が耕作されている。
所々に集落も見える。



第５図　Al Mahweet における集落の分布状態

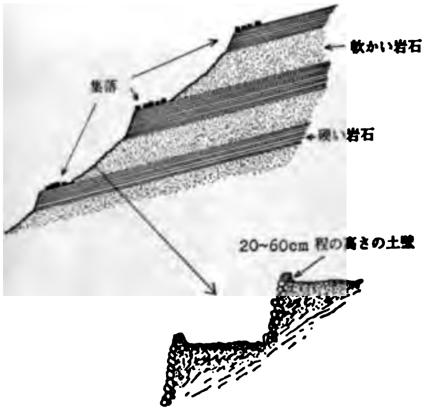
いるような場合には第５図のように見事なケスタ地形が形成されている。このようなところでは軟質岩部が帯水層となっていることが多く，湧水の利用などがし易いため，集落が立地していることが多い。第６図はそのような土地条件と集落の立地状況の一例である。

ペディメント

Precambrian の片麻岩地域，あるいは花崗岩質岩石から成る山地の山脚部にみられる。特に Tihamah 平原に面した山脚部に比較的規模の大きいものが発達している。また山間盆地，地溝状の大きなワジ沿いなどにも発達している。ペディメント末端部には緑が多く，地下水が浅いところにあることが予想される。Sanaá 市郊外の Haddah 付近にはこの国としてはめずらしく規模の大きい湧水がみられ，緑地が発達しているが，地形的にはペディメントに相当する。

ワジ

当国には上流から下流にかけて常時流水のみられる河川はなく，大部分は雨期に限って流水がみられる



階段畑の様子

第６図　土地条件と集落の立地状況の一例



写真 4　Bayt Al Ashwal ワジ底は地下水面も浅く，緑が豊富である。写真は地下水によるかんがい状況

第１表　ワジの流域面積

西部斜面	
Wadi Mawr	7,500km^2
Wadi Surdud	2,450
Wadi Siham	3,200
Wadi Rima	2,450
Wadi Zabid	4,500
Wadi Rasyan	1,750
Wadi Mawza	1,300
合　計	23,150
南部斜面	
Wadi Tuban	3,550
Wadi Bana	5,900
合　計	9,450
東部斜面	
Wadi Amlah	1,000
Wadi Khabb	1,400
Wadi Awban	800
Wadi Madhab	2,700
Wadi Hirran	3,000
Wadi Kharid	3,100～ 7,000
Wadi Saba	8,900～11,300
Wadi Harib	1,000
Wadi Bayhan	2,450
合　計	30,650

のみである。また山間部では流水のみられるものでも，低地にいたるとまもなく伏没あるいは蒸発によって失なわれ，通常の降雨では海岸までは達しない。流水がみられなくても地下浅所に地下水が存在することは，ワジ沿いに緑が多いことから推定出来る。写真４はその様子を示したものである。

東斜面と西斜面のワジを比較すると第１表に示したように，前者の方が流域の大きいワジが多く，また全流域面積も大きい。しかし谷密度は西斜面の方が大きく，流路も複雑である。

2. 水文気象

イエーメン・アラブ共和国は北緯13°～17° のところに位置し，緯度の上からは熱帯～亜熱帯に入るが，上に述べて来たように東西の幅 300 km 足らずのせまい範囲で地形条件が極端に変るため，地域による気候の相異もいちぢるしい。まず気象の概況を述べればつぎのようである。即ち５月から９月にいたる夏期の大気の流れは，主として西ないし南西から東ないし北東方向であって，この時期の湿った大気は中央山岳地帯にぶつかってその西斜面に大雨をもたらし，雨期を形成する。また10月から２月までの冬期は中央アジア方面から乾いた大気が流れ込んで無降雨期を形成する。

降雨量のおよその分布は第７図に示したとおりであるがほとんどは夏期に集中して降っている。雨期は第８図に示したように，４～５月の第１の雨期と７～９月に現われる第２の雨期と大きく２回あるが，降雨量は後者の方が多い。

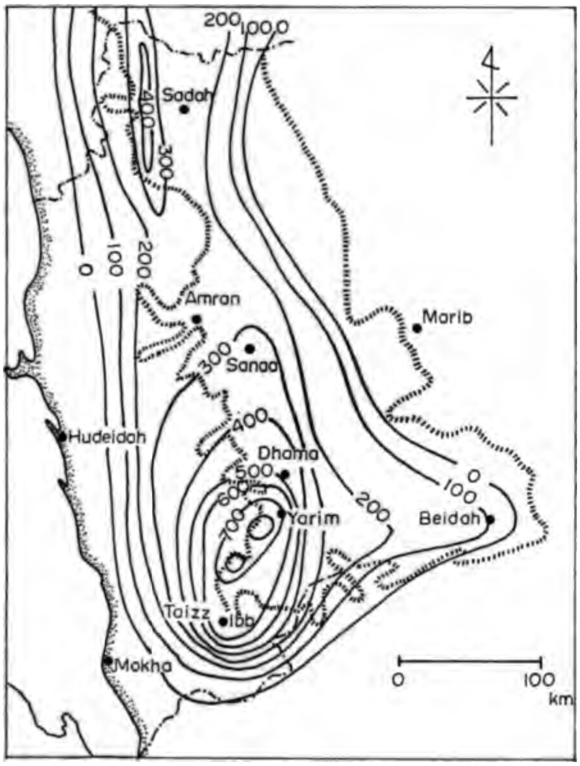
部の低平地帯では，このような大気の流れとほとんど関係なく，年間を通じて常に乾いており，-200mm/年と極端に少ない。
その降雨は非常に急激に降り，また局地的であって，午後から夕方にかけてシャワーのように降ためふだんカラカラに乾いていたワジは一変して濁流と化す。
地帯の Dhamar における PRATT と CHILTON (1976) の研究によればワジの表流はつぎのられる。

	全流量に対する比率	
水	60～70%	急激な降雨後，突然に起り，持続時間も短かい
間流出	25%	洪水の終りに起る。数日～数週間の間にわたり，ほぼ一定した水量
底流出	10%	年間を通じてほぼ一定，しかしワジ全コースにわたっては流れない。灌漑，飲用に使われている。乾期にはこれを水源として数100m 上の耕地まで汲み揚げられる。

先にあげた地形区分に対応さの国の水文気象の特徴を述べ

amah 平原
したこの平地では，年間平均~35°C，また年平均降水量はm で熱帯気候である。植生どなく，サボテン類やアカシ低木がところどころにみられある。蒸発量が多いことと，りところが多いため，ワジ沿と，地下水揚水が可能となって小規模の耕作がなされていない。第9図にこの地域の典状態を示すが，興味のあるが月平均気温より10°C も高ことである。深度30～40 m 測定した地下水温が調査時の°C ときわめて高かったのとともといえる。

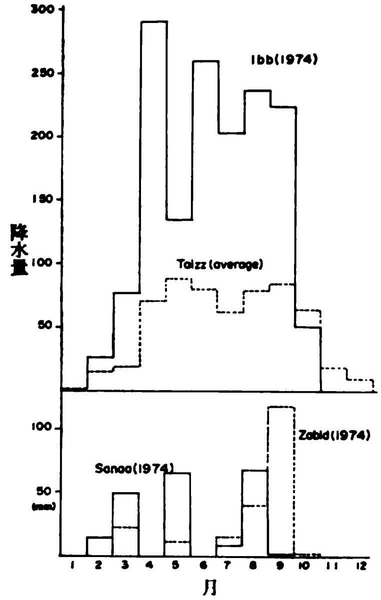
部山岳地帯
気温は16～26°C，年平均降水)～600 mm で熱帯ないし亜候を示す。
帯の中でも1,500m 以上の地



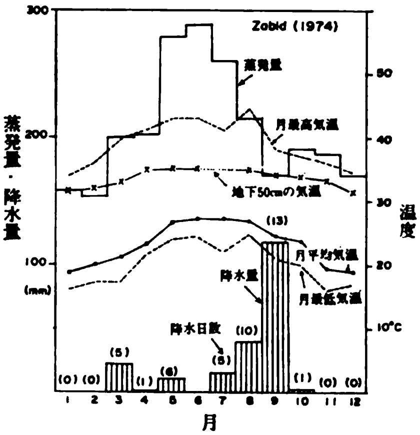
第7図　イエーメン・アラブ共和国における年間の降水量の分布 (Ministry of Agr. & Water Recour. Develop. Dpt. (1978) による

斜面が多いうえ，土壌層の発達も良く，さらに水文気象条件が良くなるため，農耕地も多くな

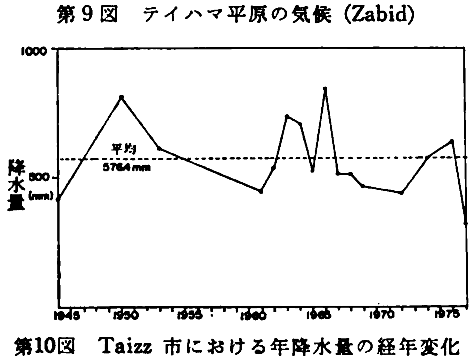
，野菜，アルファルファ，ブドーなどの他コーヒー，カットなどが栽培されている。第10図に



第8図　イエーメン・アラブ共和国の代表的な地点での月降水量



第9図　テイハマ平原の気候 (Zabid)



第10図　Taizz 市における年降水量の経年変化

第2表　Dhamar における水収支の概要

成分	渇水年	平　年	豊水年
降　水	100mm	400mm	700mm
蒸発散	85 〃	200 〃	295 〃
流　出	10 〃	185 〃	365 〃
地下水	5 〃	15 〃	40 〃

この地域の代表的な都市である南部の Taizz における年降水量を示す。

この Taizz の北方 Ibb 付近は当国で雨量のもっとも多いところとして知られているが，このことは他の地域の景観と違って，緑のきわ立って多いことからもうなずける。

C.　中央高地地帯

標高1,800～3,700 m で，平均気温は 10～18°C, 年平均降水量は200～1,800 mm で温暖気候である。

冬期には0°C 以下になることも珍らしくなく，時には降雪をみることもあるという。この地帯は北イエーメンでは降雨に恵まれており，降雨依存型の農業が卓越し，耕地もよく耕されている。

PRATT と CHILTON (1976) はこの地帯の南部に位置する Dhamar における豊水年，平年，渇水年の降水量，蒸発散量，地下水浸透量を表2のように概算している。

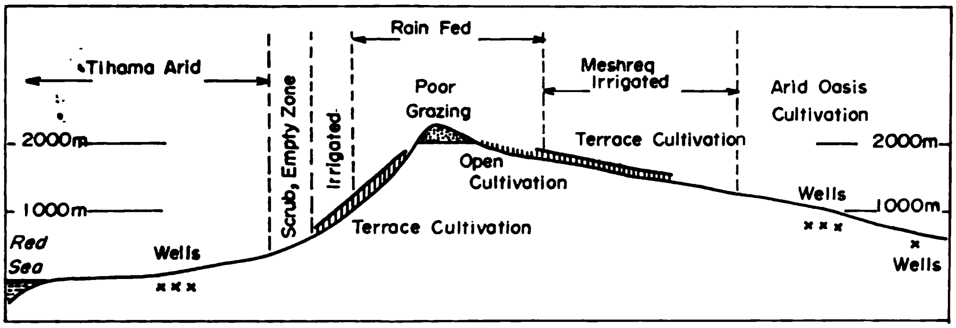
d.　東部山岳地帯

中央高地地帯の東側に位置し，標高1,200～1,800m 平均気温16～24°C, 降水量は100～400 mm で亜熱帯気候を示す。この地域は Meshreq と呼ばれ，東方のルブ・アル・ハリ砂漠へ続いている。

小麦・大麦・トウモロコシなどの穀類やカット，野菜，ブドーなどが階段畑あるいはワジ底での湧水灌漑によって栽培されている。東部に向かうに従って植生はしだいにステップへと移行する。この地域の低標高地域は現在ではほとんど集落はないが，かっては有名な Marib のダムで代表される灌漑事業が盛んで大規模な耕作がなされていたという。

e.　東部砂漠地帯

標高800～1,200m で，年平均気温は22～28°C, 降水量は 0 ～200 mm で亜熱帯～熱帯気候を示す。植生はワジ底を除いて全くみられない。一部にオアシス耕作や，出水灌漑による耕作（写真1，2）が行なわれ



第11図　イエーメンにおける農耕区分概念図 (Fisher, W. B, 1971による)

ているが，大部分は未耕作地である。

以上を土地利用の上からみて，模式的に示すと第11図のようになる。また水文気象区分と土地利用および今回の地下水調査の結果を整理して示すと第3表のようになる。

3. 地質・水文地質

(1) 地質概説

アラビア半島は先カンブリア系を基盤とする東部アフリカ楯状地の一部をなしていたが，白亜紀末から第三紀初期以降に東アフリカから分離して北東方向に移動を続けて来たものだと考えられている。同時にアラビア半島西部地域は隆起し，はげしい地殻変動が続けられて，無数の horst や graben が作られた。先にのべたこの地域の地形上の特徴，とりわけ紅海に面した比高1,000～2,000m を越える不規則かつ急峻な階段状の地形は，このような運動の過程で形成されたものと考えられている。

これらの造構造運動に伴って多量の熔岩，火山灰が噴出し，広大な地域を被った。このような火山活動は極く最近にいたるまで継続していたことが中央高地地帯を中心として無数に存在する円錐状の火山地形から推定される。

当国における地質調査は現在まで充分になされているとはいえず，今後に修正される余地が大きいと考えられるが U・S・G・S (1963) によるアラビア半島の地質図によれば，およその地質層序はつぎのようである。(下位より上位へ)

a. Basement complex

先カンブリア系，東部アフリカ楯状地の続きで，NNW-SSE 方向つまり紅海に平行した構造を有している。種々の迸入岩，変成岩からなり，主として北部と南部に分布している。また horst の脚部，深い谷の谷底部などに小露頭がみられる。

b. Wajid sandstone

オルドビス系，イエーメンで最も古い堆積岩である。下部に基底礫岩を伴い，Basement Complex を不整合に被う。主な露出地は北部と北東部である。主として石英砂岩，礫質砂岩，礫岩から成る。

c. Kohlan series

下部ジュラ系，中央北部と北西部に分布している。黄白色の細～粗粒の石英砂岩で礫岩のレンズ，礫岩，灰色頁岩，石灰質頁岩から成る。時に赤鉄鉱，チャートを伴い，主として陸成堆積物と考えられる。

d. Amran series

ジュラ系，中央部，北部，東部に広く分布している。海成の石灰質の堆積物で石灰岩，泥灰質石灰岩，泥灰岩，頁岩から成る。この層の上部には細粒の未固結砂岩，頁岩の他にジプサムがある。また一部に岩塩層の発達をみる。

e. Tawilah group, Medi-Zir series

第3表　水文地理的地域区分

	標高	気候	平均気温	年平均雨量	植生	灌漑方法*			農作物		水温	pH	電気伝導度
	m		°C	mm							°C		μ℧/cm
Tihamah 平原	0-500	熱帯	22-35	0-300	サボテン類，アカシアなどの灌木	降水依存型	出水灌漑型	動力灌漑型	なつめやし 野菜	きび・あわ類	30以上	7.5以上	1,000以上
西部および南部山岳地帯	500-210	熱帯 亜熱帯	16-26	200-600		降水依存型	湧泉灌漑型	動力灌漑型	棉花，バナナなどの果実，タバコ，サゴヤシなど	きび・あわ類	25~30 / 20~25	7.0~7.5	500~1,000
中央高地地帯	1800-3700	温暖	10-18	200-1800	イナゴマメ，イチジク，クルミなどの地中海性植物	降水依存型	湧泉灌漑型	動力灌漑型	小麦，大麦，トウモロコシ，かんきつ類，トマトなどの野菜，アルファルファ，ブドウなどの果実; コーヒー; カット	きび・あわ類	20以下	7.5以上	500以下
東部山岳地帯 (Meshreq)	1200-1800	亜熱帯	16-24	100-400	ステップ	降水依存型	出水灌漑型	動力灌漑型	カット	きび・あわ類	20~30	7.5以下	500以下 / 500以上
東部砂漠地帯	800-1200	亜熱帯 熱帯	22-28	0-200	なし	降水依存型	オアシス灌漑型	動力灌漑型			20~30	7.5以下	500以上

* このほか全土にわたって伝統的揚水灌漑型があるが，全灌漑面積の1%にも満たない。

白亜系,中央部,北部,南東部,南部に分布している。中粒~粗粒の斜交葉理を示す砂岩で陸成層である。

f. Yemen volcanics

上部白亜系~第三系,非常に厚い火山岩から成り,一部に堆積岩を挟む。主として中央部,西部また南部に広く分布し,イエーメンで最も代表的な岩石となっている。以前は GEUKENS (1966) により Trap series として一括されていたものである。岩石は玄武岩安山岩,粗面岩,流紋岩,凝灰岩,集塊岩等変化に富んでいる。堆積岩は火山活動の中断期に形成された湖沼堆積物あるいは氾濫原堆積物から成る。Yemen volcanics の層厚は場所によって異るが厚いところでは2,000 m 以上に達する。

g. Baid formation

中新統~鮮新統,Tihamah 地域の一部に分布する。主として珪質あるいは凝灰質頁岩,砂岩,石灰岩から成る。紅海に面した Salif 地方の岩塩ドームは本層中にある。

h. 第四期玄武岩

当国の各地で円錐状火山,クレーターなどを作るほか古期岩石の大裂隙からの噴出物として玄武岩,凝灰岩,集塊岩,玄武岩質岩脈群が分布している。これらの中には歴史時代になってから噴出したものもある。

i. 沖積層

海岸平野,ワジ沿い,あるいは山間盆地に分布している。Tihamah 平原では厚さは 200 m 以上に達する。また Sanaá 盆地では300 m 以上に達するという報告もある (ITALCONSULTANT 1973)。

(2) 水文地質

1) 地質系統と地下水

上述の地質系統のうち,当国の主な可採水層は沖積層と第四紀玄武岩及びイエーメン火山岩類であり,ついで Tawilah group, Kohlan group, となっている。Amran series, Baid formation, Basement complex は一般に難可採水層があるいは非可採水層ともいえるものである。

a. 沖積層

Tihamah 平原,ワジ沿いの沖積氾濫原,及び山間盆地あるいは中央高地地域の低所に分布している。

Tihamah 平原では沖積層の厚さは100~200m 以上であって,深層80~100m の深井戸で日量500~1,000 m^3 の地下水を揚水している。Hudaydah 等のように海岸に近いところでは過剰揚水による塩水化の現象がみられる (Cl^-濃度2,000~3,000ppm)。ワジ沿いの低地では比較的豊富な地下水を産する。ここでは深度5~20m の手掘りの浅井戸が数多く分布しているが中には乾期になって涸渇するものもある。

地殻変動の結果形成されたと考えられる構造盆地が各所に存在するが[4],ここには沖積層が厚く堆積していることが多く,しばしば良好な帯水層が発達し,地下水が利用されている。

d. 第四紀玄武岩

割れ目,あるいは未固結火砕岩中から比較的多量の地下水が得られ,本層を対象とした深井戸が多い。水質は一般に良い。

c. イエーメン火山岩類

前項にのべたように,広大な地域を被い,しかも層厚は2,000 m 以上に達し,割れ目,節理あるいは断層の破砕部などから豊富な裂か性の地下水を産するほか,未固結岩層中には地層水も賦存し,山頂部あるいは台地の高所といった地形的な条件で問題がなければ,採水の対象として比較的良好な地層といえる。水質も概して良い。

d. Tawilah group

主に砂層からなり,空隙が大きい。Sanaá 市付近では本層が主要採水層の一つとなっており,深度200~300 m に及ぶ井戸が数多く掘られている。比較的豊富な地下水を産するほか,水質も概して良いので地下

---

4) Sadah, Amran, Sanaá, Dhamar 等の比較的規模の大きい盆地の外に小規模の盆地が山間部に数多く点在している。

水利用量が増大し，最近では水位低下が年間1.5～2.5 m に及んでいるといわれている。

e．Amran series

この地層は水問題が最も深刻な中央部より北部にいたる山岳地帯に分布している。岩石の亀裂部，断層破砕部を除いて一般には地下水に乏しく，当国において取水がもっとも困難な地層の一つとなっている。しかし本層中に挟在する石灰岩の中には割れ目，空洞が発達しているところがあり，この様なところでは地下水を産する。地下水位については場所にもよるが一般に低いことが報ぜられており (Ministry of Agr. & Water Resour. Develop. Dept 1978)，深井戸の中には自然水位が200～250 m に達するものもある.

f．Kohlan series

本層の砂岩，礫岩中に掘られた手掘井戸が比較的豊富な地下水を産する。上位の Amran series が本層を被って分布するようなところでは，少なくとも700～800m は掘る必要があるという (Ministry of Agr. & Water Resour. Dept 1978)

g．Wagid sandstone

北部イエーメンの主要採水層となっている。この地方には 20～45 m の掘井戸が数多く分布しており，比較的豊富な地下水を得ている。

2) 帯水層の水理定数及び深井戸の産出能力

沖積地域をのぞいて他は地層水というより裂か水的な賦存形態を示すことから，局所的な地質条件あるいは地形条件によって帯水層の水理定数には大きな相違がみられるが，全体として，沖積層，第四紀玄武岩が大きく，ついでイエーメン火山岩類，Wajid sandstone の順になっている。サウジアラビアの援助で施工された井戸の揚水試験によって算出された透水量係数は第4表のようである。

第4表　透水量係数

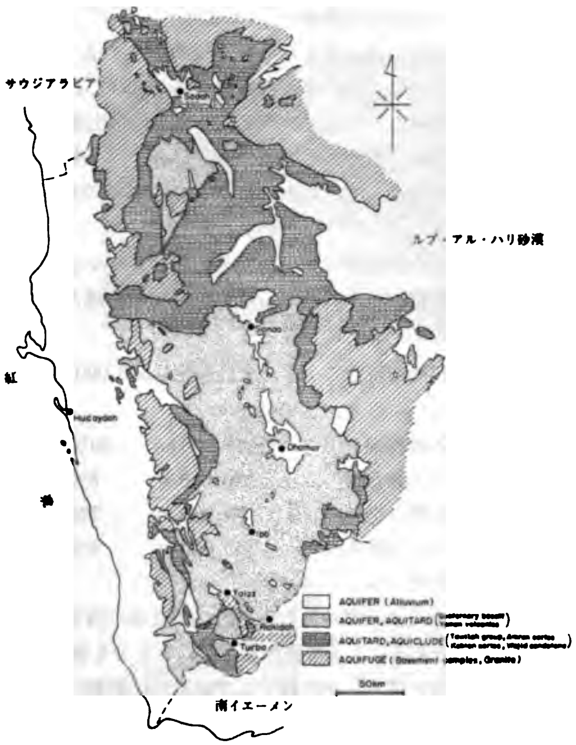
地　域	地　層　名	透水量係数 (m^2/day)
Saadah	Wajid sandstone	350
Arhab	Amran limestone	34
〃	〃	17
Haashed	〃	5
Saadah	〃	16
Al Jayrif	Yemen volcanics	237
Bani Bahlul	〃	15
Baut Qowmani	〃	611
Amran-Raydah	Quarternary volcanics	16
〃	〃	9480

深井戸の揚水量は多いものでは1,000～2,000 m^3/d を示すが，我が国とくらべて概して少なく，500～600 m^3/d のものが多い。また中には数10 m^3/d 程度といったものもある。

地質別にいえば1,000 m^3/d を越すものは，沖積層，第四紀玄武岩，イエーメン火山岩類等で Wajid sandstone がこれにつぐ。一方一般に少ない揚水量にもかかわらず，水位低下量の大きい井戸が目立つ。稼動中または稼動が予定されている深井戸42本の揚水時の平均水位降下量は 31 m で一般に大きいが，とりわけ Amran series ではそれが100m 以上に達するものがあり，一部の井戸は廃井となっている。これにくらべて水位降下量が10 m 以内にとどまるものは沖積層～イエーメン火山岩類である。なお比湧出量は平均160m^3/day/m である。

3) 水文地質の地域的特徴

第12図は U・S・A・I・D (1977)によって作成された当国の地質図をベースとし，上述の知見を加えて



第12図　帯水条件からみた地質区分

編図した帯水条件からみた地質区分図である[5]。この図によると当国の水文地質は，大きくつぎの4地域に分けて考えることができる。

①Aquifer の充分な発達が期待され，地下水開発の可能性[6] がもっとも高い地域——沖積層を主体とする。Tihamah 平原，中央高地，Rub・Al・Khali 平原がこれに該当する。

②Aquifer, Aquitard の発達が支配的で，上記についで地下水の開発が可能な地域——第四紀玄武岩，イエーメン火山岩類を主体とする。中央部以南の中央高地及び東西斜面がこれに該当する。

③Aquitard, Aquiclude が支配的であって，地下水開発が困難な地域——Tawilah group 及びそれ以前の古期岩石を主体とする。中央部以北に広く分布するほか，西斜面，東斜面の谷底部に露出する。

④Aquifuge が支配的に分布し，地下水開発は非常に難しいと考えられる地域——Basement complex, 花崗岩類を主体とする。北部および南部の低位部，深いワジ谷底部に分布する。

以上を要約するとつぎのようである。即ち地下水開発のポテンシャルの高い岩層は中央高地部に分布し，Amran series 及び Basement complex のような難～非帯水性の地層は西斜面あるいは東斜面に分布する。特にワジ谷底部での露出が目立つ。これらの岩層の東側あるいは西側の低平地部では，この国でもっとも帯水性の高い沖積層が厚く堆積している。

この様な地盤条件のもとでは，中央の高地に降った雨は急速に地下に浸透し，やがて非帯水層にぶつかって低位部に向かって流動し，東西の山岳地帯の谷底に湧出するであろう。

東部あるいは西部の平原地帯に入ると，表流水は直ちに地下に浸透し，また一部は蒸発によって失なわれる。

III 水利用

1. 水利用と水源

(1) 概要

いままでに述べて来たように，地形，地質，水文気象などの条件をとっても水利用にとってはきわめて

5) 図の凡例で，Aquifer とは水を十分含み，かつそれを通過させる能力を有する層と定義され，Aquitard とは水を含むがその通過する速度が遅い層，また Aquiclude とは水を含むが，水を通過させ得ない層と定義されている。さらに Aquifuge は水を含まず，かつ通過させない層と定義されている。Aquifer を帯水層，Aquifuge を非帯水層と呼ぶ場合はあるが，その他の訳語は定着していないので，ここでは原語のまま用いた。

6) おもに深層地下水を対象とする。以下も同様

厳しいものといわざるを得ない。

この国の水利用のあり方をみる時，それがこのような制約のもとで長年月と多くの労力を費やして得た最適の解答であったことがよく理解出来る。このことは逆にいえば，水利用の現状をみることによって自然条件がかなり細かいオーダーのところまで推定出来ることを物語っている。また同時にこの様なきびしい自然条件下での今後の水源開発の方針を検討する場合，示唆を得ることが多いのではないかと思われる。以下に農業用水，生活用水に分け，それぞれの水源と利水状況を紹介する。

(2) 農業用水

農耕地面積は全国面積の15%程度といわれ，そのほとんどは山岳地帯の平坦地，主なワジ沿いの低地にある。広大な面積を有する Tihamah 平原は農耕地としてのポテンシャルは高いが，水源の開発がおくれてかなりの部分がいまだに荒地となっている。

1976年，1977年の統計により，全農耕地1,515,000 ha を灌漑方式によって区分すると，つぎのようである。

①雨にたよる耕作地	1,277,000 ha	84%
②洪水にたよる耕作地	120,000 〃	8%
③泉にたよる耕作地	73,000 〃	5%
④地下水にたよる耕作地	45,000 〃	3%

1) 降水の利用

写真3はイエーメンにおける典型的な階段畑の例である。丹念に築きあげられた石垣と農地を囲む高さ20～60cm の土と石によって作られた壁は少しでも良く水を貯留し，かつ農地の侵食を防ぐための工夫であり，乾期においても，よく耕やしているのは雨期における降水を良くしみ込ませるためであるという[7]。

さらに未耕地には溝を切っておき，そこに集まった水も耕地に導き入れる工夫もなされている。

2) 洪水灌漑 (Spate irrigation)

毎年出水時期に主なワジでは土堰堤を作り，洪水をダムアップするか，直接耕地に導き入れて利用している。写真1，2には Marib 付近の灌漑地の様子も示されている。

3) 泉，表流による灌漑

山岳地帯の谷底部，山麓斜面では泉や小さな流れもみられ，これを水源として農地が耕されている。ここでは多年生の穀物，コーヒー，カット，野菜，果物など多種の農作物が作られており，また一部では2期作も行なわれている。

4) ポンプ灌漑

Tihamah 平原，中央高地の外，西部山岳地帯の谷底には手掘りの浅井戸の揚水による灌漑が行なわれている。写真5はそのような井戸の典型例で，中には一井よく1,000～2,000 m^3/day の揚水量を示す。

かつてはこれも人力あるいは畜力によって揚水されていたが，最近では動力ポンプが導入され，年々増加の傾向にある。井戸の深さは10～20m 程度のものが多い。

(3) 生活用水

生活用水の水源は降雨，泉，井戸であるが，そのうち降雨依存が全体の80%以上を占めている。それぞれについて説明する。

1) 降水の利用

シスターン (Cistern) と称する一種の溜池に降水を溜め，雨期以外の8カ月前後をこれに頼っている。

大体集落ごとに一つづつあり，大きさ，あるいは形は様々であるが，容積2,000m^3 程度の方形のものが

7) 表層部の表面積を大きくして，いわゆる凝縮量を高める効果もあるのではないかと思われる。即ち紅海より吹き込む湿度の高い大気が山岳地帯の西斜面にぶつかり，露となって地面に吸収されることも，狙いとしているように考えられる。



写真 5　Sanaá の西方 Al Baiad 付近の浅井戸（ポンプと動力は日本製のものが多い）



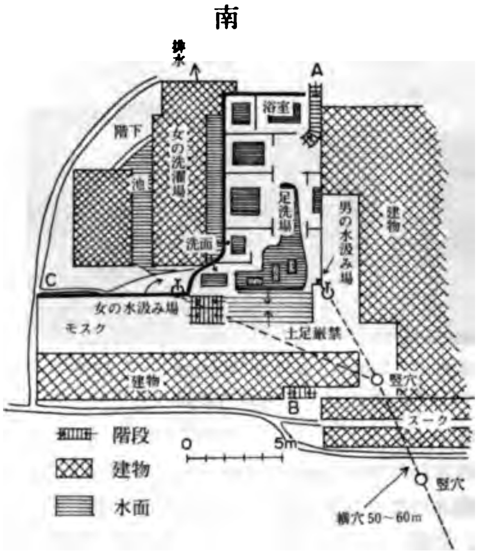
写真 6　Sanaá-Hudaydah 道路沿いにみられるシスターン（集落の人口とシスターンの容積から1日の使用量は5～7 l/人/日が限度であることがわかる）

多い。一例を写真6に示す。今回観察したものは大部分がコンクリートにより，ライニングされていたが，中にはそれがないものがあり，そのようなところでは干上っていた。シスターンの容積と人口から水利用原単位を概算すると7～14 l/人/日程度である。

シスターンの位置はどちらかといえば，低所にあるため，泥その他の汚物も一緒に流れ込むため，きわめて非衛生的である。この国では年少者の消化器系統の病気が多く，これが平均寿命を低くしている原因とされているが，この種の用水の改善が最大課題とされている。このような水でも，しばしば涸渇して充分の量が得られないことがあり，その折には10～20 km，あるいはそれ以上の距離のところから人力か畜力によって運ばなければならないという。

2)　泉の利用

山岳地帯では地層の境界，あるいは亀裂などに湧水がみられる。場所によっては多量の水が湧出しているところがあるが，大体はごく少量でかつ季節的のものである。



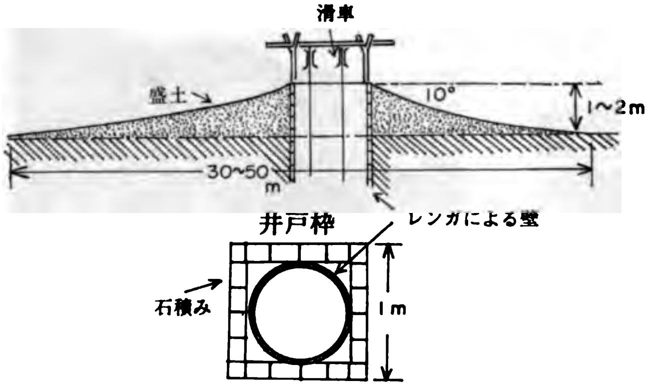
男性はAかBの階段から入る。女性はモスク脇のCの道から水汲み場に入る。図中の太線によって男性の領域（階上）と女性の領域（階下）がはっきりとわけられている。

第13図　Al Mahweet における湧水利用施設(水汲み場兼浴室)

一例として，第13図に標高2,300～2,400 mのところに位置する Mahweet 市にある湧水の利用施設を示す。ここには毎分10 l 程度の少量の湧水があり，シスターンと共に利用されているが，乾期にはしばしば涸渇するとのことである。

水汲み場および洗面，洗身場は男女別々となっている.

この国では今のところ特殊例と考えられる水利用が標高1,850 m の山頂にある Hajjah 市でなされている。ここでは市の北方約5 km，標高差約550m 下の谷中に堰堤を設け，これによって堰上げられた伏流水をポンプアップしている。高揚程の上，送水管が直径2吋と細いので，ロスが大きく，動力費が嵩んで



図は Al Basharah 部落の手掘り井戸で，深度38.62m，自然水位は37.36m，水温は34°C，pH 7.4である。

第14図　Tihamah 平原における典型的な浅井戸

大体４リアル/m³（約160円）
度になるという。

3）井戸の利用

a．浅井戸

Tihamah 平原，山岳地帯ワジ沿いの低地には手掘りの井戸をよくみかける。資料にると，その数は全国で4,000 6,000と見積られ，農耕用と用されているものが多い。

Tihamah 平原では，50m 上に達するような深い手掘り戸があり，これを滑車に釣っゴム製あるいは皮製の袋でロに引張らせて汲み揚げている。第14図は Tihama平原における典型的な浅井戸のスケッチである。



写真７　Sanaá 市郊外 Kabar 部落にある深井戸による給水施設（サウジアラビアの援助により完成した）

b．深井戸

Sanaá, Taizz, Hudaydah など主な都市では井戸利用による水道が普及して来ており，その地方でも簡易水道が少しづつ設けられるようなった。後掲の資料によると，深井戸の数は全で564井を数え，今後急増が見込まれている。真７はサウジアラビアの援助によって最近完成た深井戸施設の例で，80m³ 以上の貯水タンク，スペア・エンジンを設けたポンプ小屋，そして用の他家畜用の給水設備もととのえられている。深井戸の深さは100～200m のものが多いが，中には300～400m に達するものがある。

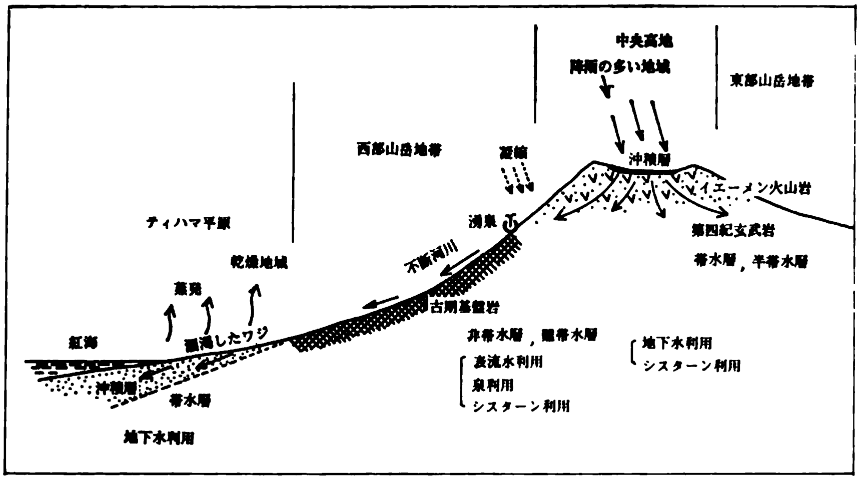
深井戸はこの国ではもっとも高度の水施設であるが，故障した場合のメンテナンスの上で難しい点がり，実際，ポンプが故障したためそのまま放置されているものもみられる。

2．水利用の地域的特徴

当国における水取得方法をその技術の発達段階の上からみれば，泉，シスターンがもっとも低次の段

第５表　水利用の地域的特徴

地　区	水利用方式	地　形	地　質
中央高地地帯	浅井戸	ワジ，盆地，ペディメント	第四紀層（沖積層）
	シスターン	高標高地	古期基盤岩，火山岩類
西部山岳地帯	シスターン	山頂部	古期基盤岩，火山岩類
	泉	山腹部	異種岩石の境，互層部
東部山岳地帯	シスターン	山頂部	古期基盤岩，火山岩類
	浅井戸	ワジ，盆地	第四紀層（沖積層）
Tihamah 平原	浅井戸		第四紀層（沖積層）



第15図 イエーメン・アラブ共和国の中央部を東西に切る方向の地下水の動態と水利用

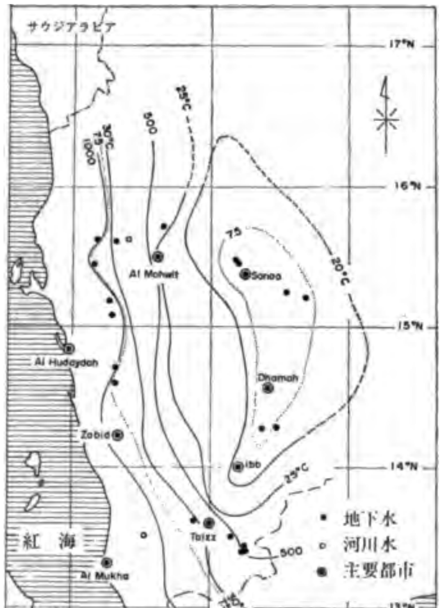
として把えることが出来，ついで浅井戸（人力，畜力による揚水──→動力揚水），深井戸，ダム貯水等が考えられる。ここで水利用と自然条件という点を浮きぼりさせるためには，動力揚水によらない浅井戸利用までの段階の地域性をみるのが良い。そこで今回調査したそれらの水源（実測したもののほか，視察によるものも含む）を地域別に区分するとおよそ表5のようで，全体として中央高地部より周辺へ地下水及び天水利用地帯，天水，泉利用地帯，地下水利用地帯と区分することが出来る。

以上であるが，最近にいたって動力ポンプの導入，深井戸による取水方法が導入されて水利用のあり方に急速な変化が生じて来た。その顕著なものは，

①中央高地部では深井戸による取水が多くなった。

②深井戸はまた Tihamah 地域でも少しづつ掘られるようになっているが，一方個人レベルでの浅井戸からの動力取水が増大して来た。（深井戸はまだ国または地方の行政レベルでのみによって掘られている段階であるが，動力による浅井戸取水は民間レベルでかなり行なわれるようになって来ている。）

③西部あるいは東部山岳地帯では依然としてシスターンあるいは泉といった原始的水利用にとどまっているが，一部で高揚程取水が実施され，また実施されようとしている。



第16図 地下水・河川水の水質水温の分布
（大きな数値は電気伝導度 $\mu℧$/cm）

IV 結 論

以上に述べて来た地形区分，水文気象区分，水文地質区分は共に密接に関係し，この国の水利用のあり方に強力な影響をあたえている。

ここでごく大きなスケールで水の動態を中央部地域を横断するかたちに大胆に画くと，第15図のように
なる。

まず中央高地地帯はこの地域に多い降水を受け止める受け皿の役割をはたしているといえる。即ち，ここに発達する盆地地形と，広く分布するイエーメン火山岩類及び第四紀玄武岩，そして沖積層は水をよく吸収する。

これより浸透した水は西部あるいは東部山岳地帯に発達するワジの原流域に出現して湧水となり，不断河川を養っている。この地域の谷底部には Basement complex をはじめとする古期基盤岩が露出し，表流の地下浸透を遮断しているわけである。

山地から平野部に流れ出した表流は一部は厚い沖積層下に伏没浸透し，他は蒸発によって失われる。

第16図は地下水，湧水，表水流の pH，電気伝導度，水温の分布を示したものである。測定数が限られているので，細部の検討は不可能であるが，大きくは上に述べた水の模式的な流れときわめて良く一致しているのがわかる。

即ち中央高地部から供給された水は周辺の低地地域への流下の過程で，水温，水質を変化させているものと考えられ，先にのべた仮説を支持している。

このようなパターンが維持されるための地下水水文学的過程はきわめて興味あるテーマといえ，今後の研究はこれを特に意識して進めたいと考えている。

参考文献

1. 一般

BISWAS, A. K. (1972) : History of Hydrology. North-Holland publishing Co., Amsterdam, 336 p.

GOUDIE, A. and WILKINSON, J. (1977) : The Warm Desert Environment. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 88 p.

GERARD, B. (197?) : Yemen. Éditions Delroisse, Paris, 151 p.

FISHER, W. B. (1971) : The Middle East.—A physical, social and regional geography. Methuen & Co. Ltd., London, 571 p.

2. 統計資料

C. P. O., Y. A. R. (1975?) : Socio-economic Report 1970-1974. Sanaa, 80 p.

C. P. O., Y. A. R. (1976?) : The Housing & Population Census Feb-1975 Preliminary Results. 2 nd ed., Sanaa, 32 p.

C. P. O., Y. A. R. (1976) : Statistical Year Book 1974-1975. 212 p.

C. P. O., Y. A. R. (1977) : Summary of the First Five-year Plan of the Yemen Arab Republic. Beirut, 176 p.

C. P. O., Y. A. R. (1977) : Population Distribution, Administrative Division, and Land Use in the Yemen Arab Republic. 1 : 500,000.

C. P. O., Y. A. R. (1978) : Statistical Year Book 1976-1977. Sanaa, 280 p.

3. 報告書

GEUKENS, F. (1966) : Geology of the Arabian Peninsula, Yemen.

WHO & M. P. W., Y. A. R. (1972) : Water Supply for Sanaa and Hodeida Demographic Studies. Interim Report. 1-Sanaa, 2-Hodeida. Rome, 35 p. & 34 p.

WHO & M. P. W., Y. A. R. (1973) : Water Supply for Sanaa and Hodeida. Hodeida Area Hydrological Investigations. Interim Report.

WHO & M. P. W., Y. A. R. (1973) : Water Supply for Sanaa and Hodeida. Sanaa Basin Groundwater Studies. Final Report.

ITALCONSULTANT (1973) : Protection Areas of The Sanaa Well Field.

National Water Supply & Sewerage Authority, Y. A. R. (1977) : Hydrologic Investigation for Well Field Development in Al Haima Basin.

Central Planning Organization, Y. A. R. (1978) : Final Report on the Airphoto Interpre-

tation Project of the Swiss Technical Co-operation Service, Berne. Zurich, 231 p.
Ministry of Agriculture & Water Resources Development Dept., Kingdom of Saudi Arabia (1978) : Project 36 Water Well Drilling & Construction in Y. A. R., Sannaa, 120p. with 37 figs.

4. 地図

U. S. G. S (1963) : Geologic Map of the Arabian Peninsula.
Ministry of Defence, UK (1974) : The Yemen Arab Republic and Neighbouring Areas 1 : 250,000.
C. P. O., Y. A. R. (1977) : Photomap of Dimnat Al Khadir.
U. S. A. I. D. (1977) : Yemen Arab Republic Geological Map.
C. P. O., Y. A. R. (1978) : Photomap of Wadi Jawf.
Ministry of Overseas Development, UK (1978) : Yemen Arab Republic 1 : 500,000.
Al Mahwit Integrated Rural Development Project (1978) : Area Map of Mahwit County 1 : 50,000.

5. 邦文報告書

海外技術協力事業団 (1972) : イエーメン・アラブ共和国経済開発計画調査報告書.
海外経済協力基金 (1976) : イエーメン・アラブ共和国地方水道計画調査報告書.
国際協力事業団 (1979) : 北イエーメン地方水道計画パートII事前調査報告書.

(1979年5月18日受理)

地学雑誌 88, 4 (1979)

沖縄・伊是名島における土地自然の類型化と生態学的土地評価

武　内　和　彦*

Land-Type Classification and Ecological Land Evaluation in Izena Island, Okinawa, Japan

Kazuhiko TAKEUCHI*

Summary

This study aims to discuss the method of land-type classification and ecological land evaluation especially for the landscape conservation in Izena Island located in Okinawa Islands, southwest Japan, wherein geographical distributions of plant communities (actual vegetation) were phytosociologically surveyed by the author *et al.* (1978).

First of all methodological discussion concerning land classification, the concept of which has been reviewed by many applied geographers like MABBUTT (1968), was carried out. In this article the author proposed "potential natural vegetation (TÜXEN 1956) and landform"—oriented land classification as a sort of bio-physical land classification from genetically interpreted landscape approach. This method of classification is considered to be useful for land evaluation because of the integrated character of the two indexes and the appropriateness of forming a connection with land-use through actual vegetation which is influenced by both land potentiality and land use.

In this study island land was classified into 13 bio-physical land units and their connection with other land elements such as surface geology and soils was considered. Such land units were mapped and connected with land use by using vegetational substitution. In the contemporary relationship possibility of land uses and land-use forms seem to be dependent upon the potentiality of land units. It is suggested that land evaluation can be performed through consideration of the way the relations between land units and land uses should be planned from the ecological point of view in the future.

Concerning such ecological land evaluation, land units have summarized into 6 evaluated groups which present common characters for the countermeasures of land conservation. Then, in the specified area of thc study island, land evaluation was tried for the purpose of protection of nature and recreation. This is an example of a landscape plan based on the results of land evaluation, which include the importance of land conservation, the value of natural or semi-natural vegetation and the desirability of land for the construction of roads, footpaths and recreational facilities. As a result of the case-study, the effectiveness of land classification and ecological land evaluation has

* 東京都立大学理学部地理学教室　Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

been suggested.

This study is a preliminary attempt to join the geographical and ecological method to landscape planning through land-type classification and evaluation. This sort of approach seems to get much importance under the critical circumstances for the development planning in Japan, especially in the humid subtropical islands where land potentiality for developments is relatively low and land itself is very limited.

はじめに

本論は沖縄・伊是名島を例として，土地自然の空間的・単位的類型化にもとづく自然立地単位区分の手法と，景観保全（土地保全や緑地保全）のための生態学的土地評価のあり方について，具体的に論じようとするものである。調査地の概観や植物群落の分布と特質については，すでに本誌で報告した（武内他1978)。ここでは，前論の調査結果を踏まえつつ議論をすすめる。

一般に島嶼は，陸域の土地のひろがりが相対的に狭少な地理的空間として，地域の内的システムとりわけ自然システム（生態系）の完結性が高いとされる（宝月他1978)。したがって，島嶼は，土地自然の性質を把握するための対象空間として最も妥当なもののひとつであり，特に，土地自然の諸属性を複合的に取りあつかおうとする場合にはきわめて適切な地域である。

ところが島嶼は，他地域との機能的関係の中で，政治・経済的にはより上位の地域システムに包含され，機能的関係が強まるにつれてますます本島・本土への依存が高まるという側面ももつ。それゆえ，孤立的な経済のいとなまれていた時代に土地自然の性質と強く結びついて存立していた土地利用も，今日では上位の政治的・経済的情勢に大きく左右されるようになってきている。とくに沖縄諸島では，農業政策・工業政策のあり方についての議論なくしては土地評価全般を論じることができないほど土地利用の存立基盤が政治・経済の情勢に左右され不安定である。

そこで本論では，土地自然のもつ内的属性によって区分される自然立地単位の性質と土地利用との相互関係の把握に重点をおいて，生態学的土地評価については，土地自然の把握が直接評価につながる土地保全・自然保護のための土地評価法の説明にとどめた。社会・経済条件をふまえた計画論的な与件をあらかじめ検討する必要のある農地開発等のための土地評価論は，別の機会に議論してみたい。

いうまでもなく，土地利用は土地自然との対応関係ですべて説明されるものではないが，土地自然の性質を無視した土地利用行為がいたるところで環境問題をひきおこしつつある今日，保全的視点にたった生態学的土地評価の空間計画全体にはたす役割は高いものと考えられる。

I. 土地自然の類型化に関する方法論的基礎

土地評価 (land evaluation) とは，人間の利用目的に応じて土地自然の適性を査定することであり (STEWART 1968)，人間活動の地表への反映が土地利用であることを考えれば，土地利用のための土地自然の評価であるとみることができる。土地評価は，特定の利用目的に対する評価 (special-purpose evaluation) と，複数の利用目的に対する評価 (multi-purpose evaluation) にわけて考えることができる (YOUNG 1973)。特定目的の評価では，対象となる土地自然の諸属性のうち評価目的にかなったパラメーター (land parameter) を選択し評価することができるが，多目的土地評価では，各目的ごとに評価の視点や対象が異なるために，ある程度まで土地自然の全体像を把握しておく必要がある。

諸属性の複合体としての土地自然を空間的に類型化し，一定のシステム的まとまり (land system) や自然潜在力の等質な土地単位 (land unit) を設定するとともに，それらの階層的序列化と地図化をはかる方法は，土地分類 (land classification) と総称されている (MABBUTT 1968)。土地分類では，土地自然は，生成論的な発達過程 (process of evolution) を経て，形成され，かつ，そうした発達過程の中で諸属性

の複合的関係が形成されていると理解されている（CHAISTIAN・STEWART 1968)。

こうした土地自然の性質を実際の土地分類作業の中で簡明に把握していくためには，指標因子を選択し，それと他の諸属性との関連付けや成因的意味付けをおこなう方法が多くとられる。空中写真判読による迅速な作業の可能な地形や，それ自身複合的な産物である土壌は，とくに多く用いられる指標因子である。

これに対して，著者らは，潜在自然植生と地形の組み合せを基本とした土地自然の類型化と自然立地単位（natürliche Standorteinheit）の設定が，とくに景観保全（Landschaftspflege）のための土地評価の基礎として有効であることを主張してきた（井手・武内1974，武内1976など)。「潜在自然植生一地形類型」による自然立地単位設定の意義は，2つに整理される。

ひとつは指標因子の有効性であり，潜在自然植生・地形というそれぞれ土地自然の生物的・非生物（物理）的諸属性の指標として最も代表性が高い因子の組み合せによって，従来非生物的側面にかたよりすぎていた土地自然の類型化をより包括的なものとなしうる。ここで潜在自然植生は，現在の人為的干渉を停止した場合に想定される理論的な自然植生であり（TÜXEN 1956)，土地自然のもつ生物潜在力を自然植生のかたちで表現したものということができる。植生を土地自然の重要な因子とする考え方は多くみられるものの，それを直接自然立地単位区分の指標因子として用いることが困難であった理由は，強度の人為的干渉下において現存植生は土地利用に強く規定されすぎるということにある。土地自然に帰属する潜在自然植生を用いることによってこの難点が解消されると同時に，気候や土壌の生物的側面や現在までの土地改変による自然潜在力の変化（多くの場合低下）は潜在自然植生に反映させることができる。また，地形は従来の土地分類調査でも多く用いられているように，地域の成立基盤を支配する重要な因子であり，本質的に空間的ひろがりをもつものとして認識されかつ空間的区分が可能な因子である。これに対して，植生単位や土壌単位はそれ自身空間的ひろがりとは無関係に体系付けられる分類単位であり分類された単位のレベルは空間レベルとは必ずしも一致しない。したがってそれらによって空間レベルを固定することには困難性がともなう。それゆえ自然立地単位の空間レベルを確定するうえで地形のはたす役割は大きい。地形は，土壌の物理的側面や表層地質等と関連付けることができる（門村1969)。

ふたつめは，潜在自然植生一地形類型による自然立地単位を現存植生をとうして土地利用と関連付けることが容易な点である。現存植生は，すでに前論でも示したように，一方で，ある植生単位の帰属する立地本来の終局群落，すなわち潜在自然植生と関係付けられると同時に，他方でそこにどの程度の人為的干渉が加わっているかを知ることによって土地利用と関係付けることができる。言い換えれば，現存植生の性格をみることによって，土地自然と土地利用の関係を生態学的に把握し，さらにそれを評価につなげてゆくことができるのである。ここでは，こうした観点からおこなう土地評価を，生態学的土地評価と考える。

II. 伊是名島における土地自然の類型化

1. 自然立地単位の抽出と図化

自然立地単位区分の前提として，地形分類図が作成され，地形分類の空間レベルに対応するかたちで潜在自然植生図が作成された（両図の内容は自然立地単位図に表現されているので省略)。つぎに，植生単位と地形単位の有意な組み合せによって自然立地単位が抽出された。

抽出された自然立地単位ならびにそれと地質・土壌等との関係は，第1表に整理されている。地形単位の空間レベルは，田村（1978）による小地形にほぼ相当し，そのレベルに対応するように植生単位（および関連する地質・土壌の単位）がまとめられている。

伊是名島の地形は，前論でものべたように，中地形レベルで，山地・台地・低地から構成されるが，これをさらに形態的・成因的にいくつかの地形単位に区分することができる。

ここでは山地を傾斜10°を境として急斜面と緩斜面に区分した。急傾斜面は山地の大部分を占め，山麓や台地との境界には緩斜面が分布する。また，山地では，固結基盤岩の露出した岩石地が急斜面上や海岸付近に分布する。さらに山地の造成による人工改変地形も一部でみられる。

第１表　潜在自然植生—地形類型による伊是名島の自然立地単位とその性質

自然立地単位番号	現在の潜在自然植生[1]	現在の地形[1]	主たる表層地質[2]	主たる土壌[3]	土壌の乾湿[3]	土壌 pH[3]
1[4]	ウバメガシ-トベラ群集*	岩石地	チャート	岩石土壌	乾	酸性
2	オオマツバシバ-リュウキュウマツ群落	山地急斜面	チャート	岩屑土壌	乾	酸性
3	オオマツバシバ-リュウキュウマツ群落	山地緩斜面	チャート・砂岩	岩屑土壌	乾	酸性
4	オオマツバシバ-リュウキュウマツ群落	造成地	砂岩	(表層剝離)黄色土壌	乾	酸性
5	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	山地急斜面・段丘崖	チャート・砂岩・頁岩	黄色土壌	弱乾～潤	酸性～中性
6[5]	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	山地緩斜面	チャート・砂岩・頁岩	黄色土壌（1部赤色土壌）	弱乾～潤	酸性～アルカリ性
7[5]	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	段丘面	礫層	黄色土壌（1部赤色土壌）	潤	アルカリ性
8	ガジュマル-クロヨナ群集	隆起サンゴ礁	琉球石灰岩	(礫質)暗赤色土壌	潤	アルカリ性
9	オオハマボウ-アダン群落	段丘崖	礫層	(中粗粒)黄色土壌	弱乾～潤	アルカリ性
10	オオハマボウ-アダン群落	浜堤・砂丘	海浜堆積物	砂丘未熟土壌	弱湿	アルカリ性
11	オオハマボウ-アダン群落	低地面	海浜堆積物	(中粗粒)褐色低地土壌	弱湿	アルカリ性
12	アカメガシワ群落(?)	盛土地	海浜堆積物	人為未熟土壌	弱湿～湿	酸性～アルカリ性
13	カキバカンコノキ群落	低地面	海浜堆積物	グライ土壌	過湿	酸性～アルカリ性

註 1) 植生単位・地形単位に示した破線の部分は自然立地単位を略称する際に用い，たとえば立地単位２(リュウキュウマツ＝緩斜面)のように表記する。
2) ISHIBASHI(1968)による。
3) 沖縄県林業試験場(1976)，沖縄県農業試験場(1978)参照
4) この自然立地単位には，一部イワヒバ群落を潜在自然植生とする部分もみられる。自然保護を議論する場合には，それを自然立地単位番号14．イワヒバ群落—露岩地型として区別した。
5) この自然立地単位には，一部リュウキュウアオキースダジイ群集を潜在自然植生とする部分のあることが予想される(武内他1978)が，空間的ひろがりが明確でなく，土地評価に際してそれほど意味をもたないと考えられるので，ここでは一括して表現した。

台地は，段丘面と段丘崖に区分されるが，段丘面は山地をとりまいて広く分布しており，また，段丘崖は段丘面の縁に分布する。段丘面はさらに数段に区分が可能であるが，土地評価上の意義が認められないのでひとつにまとめた。

低地は，微高地をなす浜堤や砂丘が海岸付近に分布し，それ以外には沖積低地面がひろがっている。また，一部の低地面では盛土による人工改変がすすんでいる。

また，潜在自然植生単位註1)については，推定上の問題点も含めてつぎのように説明される。

註１）潜在自然植生単位は，残存自然植生の調査資料（主として群落組成）を基礎に，気候条件，土壌断面形態，残存木・屋敷林等の調査結果を加えて総合的に判定される。また，潜在自然植生単位が決定した後に，各群落の構成種の配分状態や土壌断面形態・代償植生との関係等をまとめて潜在自然植生図作製指針がえられ，面的な潜在自然植生単位の広がりが推定されるとともに，潜在自然植生図が作成される（横山他1967)。

の複合的関係が形成されていると理解されている（CHAISTIAN・STEWART 1968)。

こうした土地自然の性質を実際の土地分類作業の中で簡明に把握していくためには，指標因子を選択し，それと他の諸属性との関連付けや成因的意味付けをおこなう方法が多くとられる。空中写真判読による迅速な作業の可能な地形や，それ自身複合的な産物である土壌は，とくに多く用いられる指標因子である。

これに対して，著者らは，潜在自然植生と地形の組み合せを基本とした土地自然の類型化と自然立地単位（natürliche Standorteinheit）の設定が，とくに景観保全（Landschaftspflege）のための土地評価の基礎として有効であることを主張してきた（井手・武内1974，武内1976など)。「潜在自然植生一地形類型」による自然立地単位設定の意義は，２つに整理される。

ひとつは指標因子の有効性であり，潜在自然植生・地形というそれぞれ土地自然の生物的・非生物（物理）的諸属性の指標として最も代表性が高い因子の組み合せによって，従来非生物的側面にかたよりすぎていた土地自然の類型化をより包括的なものとなしうる。ここで潜在自然植生は，現在の人為的干渉を停止した場合に想定される理論的な自然植生であり（TÜXEN 1956)，土地自然のもつ生物潜在力を自然植生のかたちで表現したものということができる。植生を土地自然の重要な因子とする考え方は多くみられるものの，それを直接自然立地単位区分の指標因子として用いることが困難であった理由は，強度の人為的干渉下において現存植生は土地利用に強く規定されすぎるということにある。土地自然に帰属する潜在自然植生を用いることによってこの難点が解消されると同時に，気候や土壌の生物的側面や現在までの土地改変による自然潜在力の変化（多くの場合低下）は潜在自然植生に反映させることができる。また，地形は従来の土地分類調査でも多く用いられているように，地域の成立基盤を支配する重要な因子であり，本質的に空間的ひろがりをもつものとして認識されかつ空間的区分が可能な因子である。これに対して，植生単位や土壌単位はそれ自身空間的ひろがりとは無関係に体系付けられる分類単位であり分類された単位のレベルは空間レベルとは必ずしも一致しない。したがってそれらによって空間レベルを固定することには困難性がともなう。それゆえ自然立地単位の空間レベルを確定するうえで地形のはたす役割は大きい。地形は，土壌の物理的側面や表層地質等と関連付けることができる（門村1969)。

ふたつめは，潜在自然植生一地形類型による自然立地単位を現存植生をとうして土地利用と関連付けることが容易な点である。現存植生は，すでに前論でも示したように，一方で，ある植生単位の帰属する立地本来の終局群落，すなわち潜在自然植生と関係付けられると同時に，他方でそこにどの程度の人為的干渉が加わっているかを知ることによって土地利用と関係付けることができる。言い換えれば，現存植生の性格をみることによって，土地自然と土地利用の関係を生態学的に把握し，さらにそれを評価につなげてゆくことができるのである。ここでは，こうした観点からおこなう土地評価を，生態学的土地評価と考える。

II. 伊是名島における土地自然の類型化

1. 自然立地単位の抽出と図化

自然立地単位区分の前提として，地形分類図が作成され，地形分類の空間レベルに対応するかたちでの潜在自然植生図が作成された（両図の内容は自然立地単位図に表現されているので省略)。つぎに，植生単位と地形単位の有意な組み合せによって自然立地単位が抽出された。

抽出された自然立地単位ならびにそれと地質・土壌等との関係は，第１表に整理されている。地形単位の空間レベルは，田村（1978）による小地形にほぼ相当し，そのレベルに対応するように植生単位（および関連する地質・土壌の単位）がまとめられている。

伊是名島の地形は，前論でものべたように，中地形レベルで，山地・台地・低地から構成されるが，これをさらに形態的・成因的にいくつかの地形単位に区分することができる。

ここでは山地を傾斜10°を境として急斜面と緩斜面に区分した。急傾斜面は山地の大部分を占め，山麓や台地との境界には緩斜面が分布する。また，山地では，固結基盤岩の露出した岩石地が急斜面上や海岸付近に分布する。さらに山地の造成による人工改変地形も一部でみられる。

第1表　潜在自然植生—地形類型による伊是名島の自然立地単位とその性質

自然立地単位番号	現在の潜在自然植生[1]	現在の地形[1]	主たる表層地質[2]	主たる土壌[3]	土壌の乾湿[3]	土壌 pH[3]
1[4]	ウバメガシートベラ群集*	岩石地	チャート	岩石土壌	乾	酸性
2	オオマツバシバーリュウキュウマツ群落	山地急斜面	チャート	岩屑土壌	乾	酸性
3	オオマツバシバーリュウキュウマツ群落	山地緩斜面	チャート・砂岩	岩屑土壌	乾	酸性
4	オオマツバシバーリュウキュウマツ群落	造成地	砂岩	(表層剝離)黄色土壌	乾	酸性
5	モクタチバナーヤブニッケイ群落	山地急斜面・段丘崖	チャート・砂岩・頁岩	黄色土壌	弱乾～潤	酸性～中性
6[5]	モクタチバナーヤブニッケイ群落	山地緩斜面	チャート・砂岩・頁岩	黄色土壌（1部赤色土壌）	弱乾～潤	酸性～アルカリ性
7[5]	モクタチバナーヤブニッケイ群落	段丘面	礫層	黄色土壌（1部赤色土壌）	潤	アルカリ性
8	ガジュマルークロヨナ群集	隆起サンゴ礁	琉球石灰岩	(礫質)暗赤色土壌	潤	アルカリ性
9	オオハマボウーアダン群落	段丘崖	礫層	(中粗粒)黄色土壌	弱乾～潤	アルカリ性
10	オオハマボウーアダン群落	浜堤・砂丘	海浜堆積物	砂丘未熟土壌	弱湿	アルカリ性
11	オオハマボウーアダン群落	低地面	海浜堆積物	(中粗粒)褐色低地土壌	弱湿	アルカリ性
12	アカメガシワ群落(?)	盛土地	海浜堆積物	人為未熟土壌	弱湿～湿	酸性～アルカリ性
13	カキバカンコノキ群落	低地面	海浜堆積物	グライ土壌	過湿	酸性～アルカリ性

注　1)　植生単位・地形単位に示した破線の部分は自然立地単位を略称する際に用い，たとえば立地単位2（リュウキュウマツ＝緩斜面）のように表記する。
2)　ISHIBASHI(1968)による。
3)　沖縄県林業試験場(1976)，沖縄県農業試験場(1978)参照
4)　この自然立地単位には，一部イワヒバ群落を潜在自然植生とする部分もみられる，自然保護を議論する場合には，それを自然立地単位番号14．イワヒバ群落—露岩地型として区別した。
5)　この自然立地単位には，一部リュウキュウアオキースダジイ群集を潜在自然植生とする部分のあることが予想される(武内他1978)が，空間的ひろがりが明確でなく，土地評価に際してそれほど意味をもたないと考えられるので，ここでは一括して表現した。

台地は，段丘面と段丘崖に区分されるが，段丘面は山地をとりまいて広く分布しており，また，段丘崖は段丘面の縁に分布する。段丘面はさらに数段に区分が可能であるが，土地評価上の意義が認められないのでひとつにまとめた。

低地は，微高地をなす浜堤や砂丘が海岸付近に分布し，それ以外には沖積低地面がひろがっている。また，一部の低地面では盛土による人工改変がすすんでいる。

また，潜在自然植生単位[注1)]については，推定上の問題点も含めてつぎのように説明される。

注1）潜在自然植生単位は，残存自然植生の調査資料（主として群落組成）を基礎に，気候条件，土壌断面形態，残存木・屋敷林等の調査結果を加えて総合的に判定される。また，潜在自然植生単位が決定した後に，各群落の構成種の配分状態や土壌断面形態・代償植生との関係等をまとめて潜在自然植生図作製指針がえられ，面的な潜在自然植生単位の広がりが推定されるとともに，潜在自然植生図が作成される（横山他1967)。

ウバメガシ－トベラ群集註2)・シマタゴ亜群集は立地の潜在力に対応した自然植生であり，代償植生としてのリュウキュウマツ亜群集の帰属する潜在自然植生もシマタゴ亜群集と推定される。オオマツバシバ－リュウキュウマツ群落は，現存植生のリュウキュウマツ群落オオマツバシバ下位群落域および造成裸地で推定されるものであり，オオマツバシバ下位群落域では，現存植生が潜在自然植生と一致する。すなわちこの群落は，立地の潜在力の低下に対応した自然植生である。

潜在自然植生としてのモクタチバナ－ヤブニッケイ群落は，現在ある自然林の分布からみて伊是名島の広い部分を占めると推定される。現存植生のリュウキュウマツ群落・テンニンカ下位群落および典型下位群落やカタバミ－ハイキビ群落の一部もこの潜在自然植生に帰属すると推定される。モクタチバナ－ヤブニッケイ群落は自然植生に近いことは間違いないものの，完全な自然植生といえるかどうかは若干問題があり，他地域の現存自然林との比較のうえで十分検討する必要があろう。

ガジュマル－クロヨナ群集は琉球石灰岩上の暗赤色土壌域に成立するとされる自然植生（MIYAWAKI・SUZUKI 1976 b）であり，当該地域では伊是名島に隣接する屋ノ下島に破壊された残存林分が認められる。伊是名島にもわずかながら暗赤色土壌域がみられ，そこでは，クロイワザサ－モクマオウ群落やカタバミ－ハイキビ群落が現存植生であるが，チガヤの出現頻度が高くなるなど他とは異なる特徴もみられる。

オオハマボウ－アダン群落は，分類上クラスのレベルに相当する（MIYAWAKI・SUZUKI 1976 a）が，地形単位との関連でひとつの単位としてまとめられた。現存植生のアダン群落やクロイワザサ－モクマオウ群落の大部分が，またカタバミ－ハイキビ群落の一部がこの潜在自然植生に帰属すると推定される。

アカメガシワ群落（？）は人為未熟土壌（人工盛土地）の潜在自然植生として仮に推定したものであるが，従来みられない人工的に形成された立地にあり，現存植生もカタバミ－ハイキビ群落といういくつかの潜在自然植生に帰属する可能性をもつ群落であるため，明確な推定は今後の課題として残されている。この潜在自然植生の推定も含め，一般に，人為的干渉が強度になれば現存植生は単一化し，路上のオオバコ群落のように立地の影響の少ない群落が成立するようになるが，その場合には土壌等の他の因子（補助因子）を潜在自然植生推定の根拠とせざるを得ない。ただし，そのためには，潜在自然植生ごとに固有の土壌断面形態がみられるというように，潜在自然植生と補助因子の関係が説明されなければならない。その点については，とくに今後十分検討してゆかなければならないであろう。

最後にカキバカンコノキ群落は，ナンゴクデンジソウ－コウキヤガラ群落やヒメガマ群落の帰属する潜在自然植生として推定されるものであり，伊是名島においても放棄後年月を経た水田放棄地でこの林分を見出すことができる。ただし，この潜在自然植生域が2つの現存植生の全域を占めるかどうかについては，セイコノヨシ群落を潜在自然植生とする立地の存在可能性を含めて，さらに検討してゆく必要がある。

以上のべてきたように，潜在自然植生推定についての検討課題は多く残されているものの，補完する他因子との関係が一定程度整理されていることから，抽出された自然立地単位そのものは妥当性をもつものと考えられる。自然立地単位を図化したものを第1図に示す。

2. 自然立地単位と土地利用の関係

つぎに，自然立地単位が現存植生を媒介として現在の土地利用といかに関係付けられるかについて考察する。第2図にそれらの関係が模式図として示されている。

ここで明らかな点は，第1に，潜在自然植生の差異に応じて自然植生と代償植生の間に固有の結びつき（代償系列）がみられること，第2に，代償系列上のどの段階までの現存植生が成立しうるかは地形ごとに異なることである。これを土地利用との関係でみれば，土地利用の生態学的性質は潜在自然植生によっ

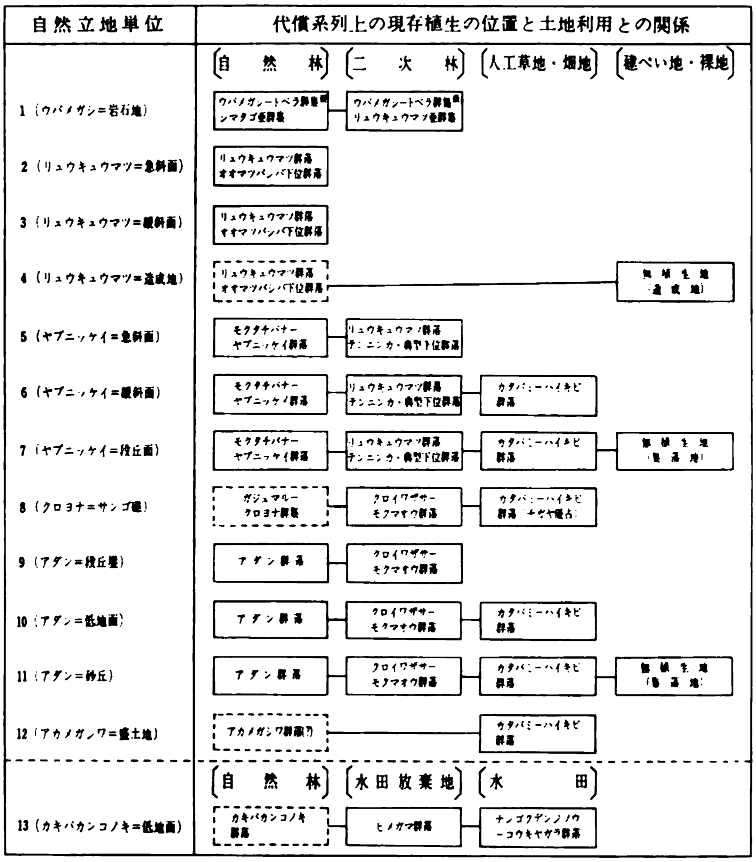
註2）前論でも示したように，ここでの群落表記法（指標種－優占種）と逆に優占種－指標種による表記法ですでに群集の記載がされているものについては＊印をつけて区別した。



第1図　伊是名島自然立地単位図（凡例は第1表参照，0はダム湖）

て大きく支配されていると同時に，各潜在自然植生域の中でどの程度までの土地利用形態が成立可能かは地形によって規定されているとみることができる。たとえば，二次林の形態は，ウバメガシ－トベラ群集*，モクタチバナ－ヤブニッケイ群落，オオハマボウ－アダン群落のそれぞれの潜在自然植生域でそれぞれ異なっていることや，モクタチバナ－ヤブニッケイ群落域でも地形の違いによって二次林までの土地利用しか認められないものから適ぺい地まで認められるものまであるといったことはその例である。すなわち，生態学的にみれば，土地利用形態とその出現可能性は，ここでいう自然立地単位の性質に強く支配されているといえる。

こうした関係をふまえ，さらに自然立地単位と土地利用の生態学的秩序をふまえた今後の関係を考えることによって，空間計画のための生態学的土地評価をおこなうことが可能となる。



第２図　自然立地単位と現存植生および土地利用の関係

III　伊是名島における生態学的土地評価

1.　土地保全のための土地評価

土地保全のための土地評価の有名な例として，米国農務省土壌保全局による土地分級論（いわゆるUSDA 方式）がある（KLINGEBIEL・MONTGOMERY 1961）。これは，農業開発にともなう土壌侵食や災害の防止を目的としたものであり，分級（等級式評価）は土地利用の可能性というよりも限界を示すことに重点をおいている（YOUNG 1973）。KLINGEBIEL・MONTGOMERY (1961) や USDA 方式をふまえたニュージーランド労働省の土地利用可能性調査ハンドブック (1971) によれば，総合的な分級は可能性クラス (capability class) としてとりまとめられる。この可能性クラスは相対的に同程度の制限や災害の危険性をもつものであり，Ⅰ からⅧ までのクラスに類別される。

USDA 方式では，クラスがさがるにつれて制限が増すというように等級的な評価が示されているが，多様な土地自然を区分した自然立地単位はそれぞれ質的に異なるものであるから，単純に序列化できるとは限らない。そこで本論では，USDA 方式にならって，類似した性質をもつ自然立地単位をグルーピングし，等級付けできるものについては，クラスを設定した。

具体的には，第２図に示されたような自然立地単位と土地利用のむすびつきが今後どうあるべきか，また，個々の自然立地単位の土地保全上はたす役割はどの程度かを判断することによってつぎのようなAからFまでの６つのグループ（うちⅠからⅣまでの４つのクラス）が設定された。

A（I）：農業的土地利用・集落的土地利用を含めて多様な土地利用が土地保全上の制限をほとんど受けずに可能な立地。

B（II）：農・林業的土地利用が若干の土地保全上の制限をともなって可能な立地。

C（III）：林地としての利用のみ可能であり，土地保全上の配慮が強く望まれる立地。

D（IV）：積極的な土地利用は不可能であり，土地保全のために保護の必要な立地。

E：土地保全に対して特異な配慮の必要な過湿立地。

F：土地保全上復元措置のとられることが必要な被改変立地。

各グループに含まれる自然立地単位と，それぞれのグループごとの特質ならびに保全の課題は，つぎのようにまとめられる。

A（I）：〔7（ヤブニッケイ＝段丘面），11（アダン＝砂丘）〕

林地から建ぺい地（集落地）にいたるまで最もひろい土地利用可能性を提供する自然立地単位群である。立地単位7は現在キビ畑の主要な立地であり，また立地単位11は集落および集落内農地として重要である。これらの自然立地単位上では，自然潜在力を保持し今後の土地利用の可逆性を保証していくことが必要である。とくに農業生産性を維持していくためには，表土保全を十分考慮する必要がある。

B（II）：〔6（ヤブニッケイ＝緩斜面），8（クロヨナ＝サンゴ礁），10（アダン＝低地面）〕

林地のほかに牧草地・畑地としての利用が可能な自然立地単位群である。ただし，農業的土地利用をいとなむためには，土地保全のための対策を十分とることが必要である。立地単位6では土壌侵食をひきおこさないための処置が必要であるし，また，立地単位8，10は海岸付近に位置しているため，防風・防潮対策（防風林の育成など）がとられる必要がある。

C（III）：〔5（ヤブニッケイ＝急斜面），9（アダン＝段丘崖）〕

この2つの自然立地単位は，水源かん養・洪水防止・土壌流出防止機能を持つべき立地としてきわめて重要である。とくに立地単位5は，伊是名島の主要な分水界を構成しており，島の土地保全上の骨格となるべき立地である。これらの自然立地単位上では，現在自然林・二次林が成立しているが，それ以外の土地利用はすべきでない。また，密生した森林が上記機能を充足するうえで有効である（TAKEUCHI・YAMAMOTO 1977）ことを考える時，リュウキュウマツやモクマオウの二次林を自然林に移行させることが望まれる。

D（IV）：〔1（ウバメガシ＝岩石地），2（リュウキュウマツ＝急斜面），3（リュウキュウマツ＝緩斜面）〕

これらの自然立地単位のもつ自然潜在力（Naturpotential，土地自然のもつ潜在的能力）は，きわめて低い。潜在自然植生は生物的な自然潜在力を表現したものであるがウバメガシ―トベラ群集*，オオマツバシバ―リュウキュウマツ群落は，植物の生育がきびしい立地や土壌が流亡して貧化した立地に対応した潜在自然植生である。リュウキュウマツを含む群落域で測定したリュウキュウマツの生長を例にみても，他樹との競争等で生長形態は異なるものの，上記の潜在自然植生域のマツはモクタチバナ―ヤブニッケイ群落の潜在自然植生域のマツに比して，樹高・定期平均生長とも著しく劣り，きびしい立地条件のうえで生育していることがうかがわれる（第2表）。

こうした自然立地単位の上では，林地以外の土地利用は望めないばかりか，現在の森林植生を一度破壊してしまうと植生の復元が著しく困難である。したがってこれらの立地単位においては立地の自然潜在力を保護すると同時に現存の林地を厳正に保護していく必要がある。

E：〔13（カキバカンコノキ＝低地面）〕

他の自然立地単位群とは性質が著しく異なる過湿な立地であり，そこで成立の可能な土地利用の形態も他に比して特異である。立地を改変しないことを前提にすれば，湿地林や湿性草地，稲，イ草など湿地に適した農業的利用などが可能である。しかし現実には，盛土によりこの立地を改変し（その場合にはこの

第2表 各植生域で選定されたリュウキュウマツ個体の樹高と年輪生長例

個体番号	潜在自然植生域	現存植生域	樹齢 (yr)	樹高 (m)	5年毎の定期平均生長 (mm/yr)				総平均生長 (mm/yr)
					5年	10年	15年	20年	
1	ウバメガシ-トベラ群集* シマタゴ亜群集	ウバメガシ-トベラ群集* リュウキュウマツ亜群集	22	4.9	2.46	3.20	2.00	0.96	2.18
2	オオマツバシバ-リュウキュウマツ群落	リュウキュウマツ群落 オオマツバシバ下位群落	18	4.5	5.92	3.90	1.38	0.70 (n=3)	3.23
3	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	リュウキュウマツ群落 テンニンカ下位群落	21	8.7	7.06	4.34	3.30	1.78	4.25
4	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	リュウキュウマツ群落 典型下位群落	21	9.4	2.30	4.26	5.84	5.28	4.38

経年的な気象条件の変化を無視すれば，各個体の生長の経過はつぎのように推察される。すなわち，1の個体は露岩の割れ目に生育しており初期から生長が不良である。2の個体は生育初期に他樹種との競争が少なく初期生長は良好であるが，立地の自然潜在力が低いため以後の生長は不良である。3の個体は植林されたものと推定され生長は全般に良好であるが，15年以降は生理的な生長の衰えがみられる。また，4の個体は初期に他樹種との競争による被圧を受け初期生長は不良であるが，立地の自然潜在力が高いためその後の生長は良好である。

立地が立地単位12（アカメガシワ＝盛土地）に移行），キビ畑として利用する例が最近多くみられる。ところがこの自然立地単位は，農業生産性をささえると同時に，遊水機能をもつ立地としてきわめて重要である。したがって立地そのものを安易に改変せず，むしろ立地の潜在力に適した土地利用のあり方を検討してゆくことが望まれる。

F：〔4（リュウキュウマツ＝造成地），12（アカメガシワ＝盛土地）〕

土地自然の人工改変により成立した自然立地単位であり，キビ畑の拡大や施設地の造成といった要求に対して合目的的に形成された立地である。したがって目的にあわない他の土地利用の可能性は保証されておらず，また改変される前の立地がもっていた保全的機能は失われている。したがって，自然立地的土地利用をおこなう前提にたてば，こうした立地空間を生みだす行為そのものを避けるべきであり，また現在すでにある立地においては，自然潜在力と保全的機能を回復させる処置が必要である。

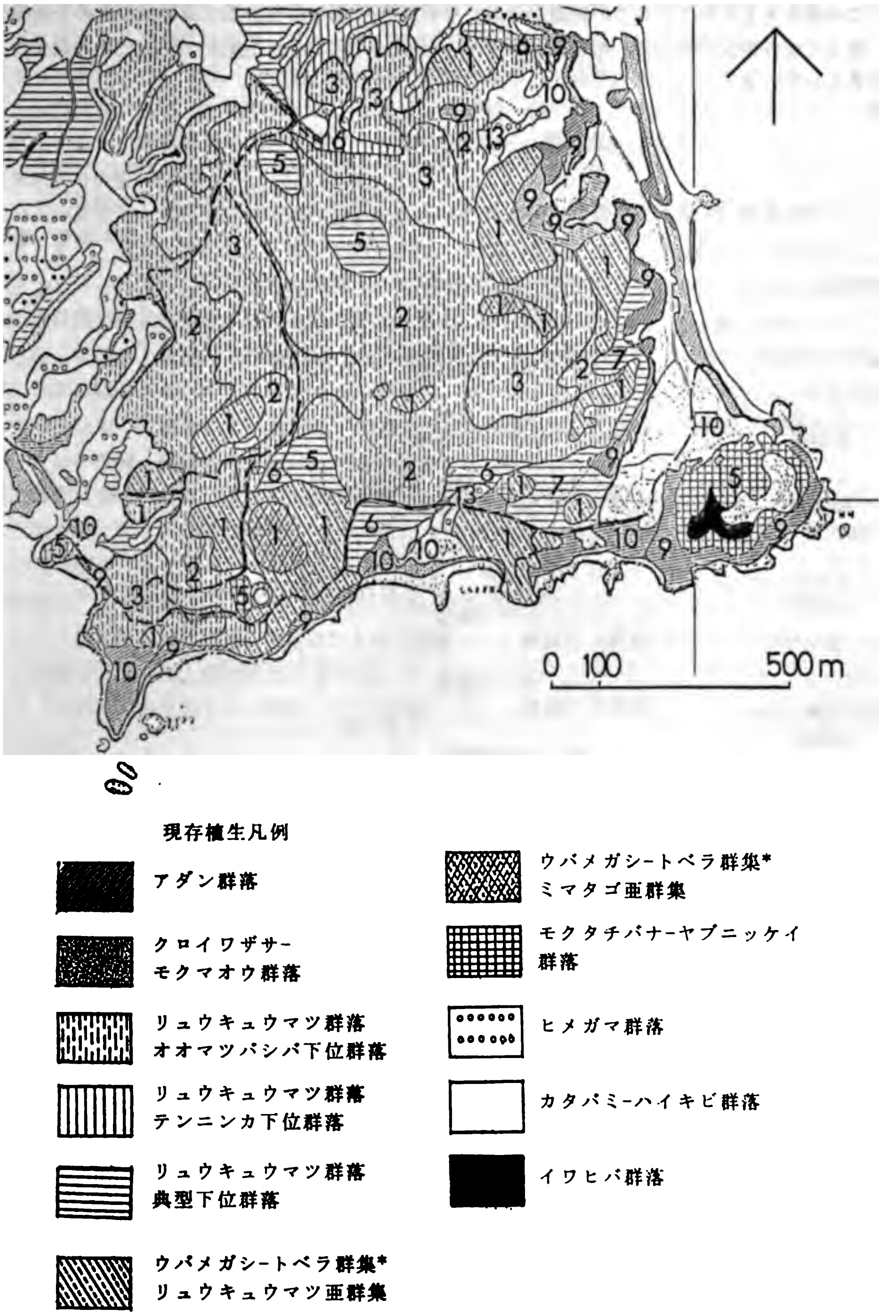
以上のべた土地保全のための土地評価結果を計画的土地利用区分につなげていくためには，さらに別の側面（農業開発・集落整備等）からみた土地評価論を展開する必要がある。しかし，土地保全上重要な立地単位は，保護的空間構成部分として，他の土地利用に先だって優先的に確保される必要がある（Davis 1976)。伊是名島では，CやDグループに含まれる立地はとくに重要である。また，島の土地的ひろがりが限定されていることを考える時，有限な土地自然を保全しながら，生態学的秩序をみださない土地利用をいとなんでいくための配慮が強く望まれる。

2. 自然保護・レクリエーションのための土地評価

つぎに，特定地区を選定し自然保護・レクリエーションのための土地評価を試みた事例について報告する。

事例地区は，伊是名島南東部のチヂン山・城（ぐすく）山を中心とする地区である。この地区では，土地保全の必要性がきわめて高い立地単位が広い面積を占め，全般に農業的・集落的土地利用は望めず，かつ，現存植生調査によれば自然性の高い植物群落がひろく分布する。この地区は景勝地であるために本土観光客を対象にしたレクリエーション利用の要求が高まっているが，そのことは，同時に，自然破壊につながる危険性を生みだしている。自然を保護しかつレクリエーション需要を満足させるためには，生態学的土地評価をおこない適正な土地利用計画を事前に策定しておく必要がある。

事例地区における自然立地単位と現存植生単位の分布は，第3図にまとめられている。生態学的土地評



第3図　チヂン山・城山地区における自然立地単位と現存植生単位の分布
(図中の番号は各自然立地単位番号，破線は既設車道を示す)

価は，この図をもとにして，3つの側面からおこなわれた。第1に各自然立地単位ごとの土地保全上の重要性，第2に現存植生の貴重性，第3にレクリエーション利用に対する適性である。その結果は，第3表にまとめられている。

第3表　自然保護・レクリエーションのための土地評価指針

自然立地単位番号	自然立地単位	現存植生単位	土地保全に対する評価グループ	現存植生の貴重性[1]	自然保護に対する指針[2]	道路に対する適性[3] 遊歩道	車道	レクリ施設に対する適性[3]
1	ウバメガシ-岩石地	ウバメガシ-トベラ群集* シマタゴ亜群集	D(IV)	自・南	◎	0	0	0
		ウバメガシ-トベラ群集 リュウキュウマツ亜群集		南	□	1	0	0
2	リュウキュウマツ-急斜面	リュウキュウマツ群落 オオマツバシバ下位群落	D(IV)	自	○	1	0	0
3	リュウキュウマツ-緩斜面	リュウキュウマツ群落 オオマツバシバ下位群落	D(IV)	自	△	2	1	0
5	ヤブニッケイ-急斜面	モクタチバナ-ヤブニッケイ群落	C(III)	自	○	1	0	0
		リュウキュウマツ群落 典型下位群落			□	2	1	0
6	ヤブニッケイ-緩斜面	リュウキュウマツ群落 典型下位群落	B(II)			2	1	1
		リュウキュウマツ群落 テンニンカ下位群落				2	1	1
7	ヤブニッケイ-段丘面	リュウキュウマツ群落 典型下位群落	A(I)			2	2	2
9	アダン-段丘崖	アダン群落	C(III)	自	○	1	0	0
		クロイワザサ-モクマオウ群落			□	2	1	0
10	アダン-砂丘	アダン群落		自	△	2	1	1
		クロイワザサ-モクマオウ群落	A(I)			2	2	2
		カタバミ-ハイキビ群落				2	2	2
13	セイコノヨシ-低地面	ヒメガマ群落	E		□	2	1	0
14	イワヒバ-露岩地	イワヒバ群落	D(IV)	自・稀	◎	0	0	0

註 1) 自：自然性の高い植生　稀：稀少性の高い植生　南：南限の植生
2) ◎：厳正保護　○：保護(利用不可)　△：保護(非施設的利用可)　□：復元(自然植生への移行)
3) 2：適する　1：可能(保全的措置が前提)　0：適しない

地保全上の重要性については，先の土地保全のための土地評価結果を適用することができる。CとD
ループに含まれる自然立地単位ではとくに立地の潜在力を保護することが必要である。

存植生の貴重性については，自然性，稀少性，各種群落のまとまり，典型的な垂直分布，分布限界な
側面から評価されるが（亀山他1975），ここでは，自然性，稀少性，地理的分布の特異性をもつ群落が
つか認められた。なかでも，ウバメガシ―トベラ群集*のシマタゴ亜群集とイワヒバ群落は，とくに
性が高い。

地保全上の重要性と現存植生の貴重性をふまえ，さらに今後自然植生に復元すべき部分についての検
加えたうえで，自然保護に対する指針が示された。保護的空間については，緩斜面，平坦面で，非施設
クリエーションに限って利用が可と判断された。また保護が望まれる立地単位や特異な立地単位の上
られる現存植生は自然植生に移行されることが望ましいと判断された。

方，道路（遊歩道・車道），レクリエーション施設に対する適性評価は，自然立地単位ごとの適性と
保護に対する指針にもとづいて示された。評価は，適するものと適さないもののほか，保全的措置を
として可能なものに類別して示された。ここで保全的措置とは，土壌侵食の防止，自然潜在力を低下
めないための措置，現存植生を生かした緑化修景などである。

歩道の設置は立地に対してほとんど影響を与えないが，現存植生が自然植生の場合には歩道周辺の現
生に影響をおよぼす（井手他1975）。それゆえ，自然植生域に歩道を設置する場合は，周辺植生の保
策が必要となる。

道の設置は，自然潜在力の低い立地単位の上では大規模な立地そのものの破壊を引き起こす可能性
り，また，自然植生域では周辺植生におよぼす影響が大きい。とくに湿潤亜熱帯自然植生域での車道
は，大規模な土壌侵食と植生破壊を引き起こす危険性が高いとされる（亀山 1975）。したがって，
建設は，自然潜在力が高くかつ安定した立地単位上で，さらに，自然植生のみられない部分で検討さ
べきである。

クリエーション施設は面的ひろがりをもつため，車道以上に安定した立地単位の上に建設されること

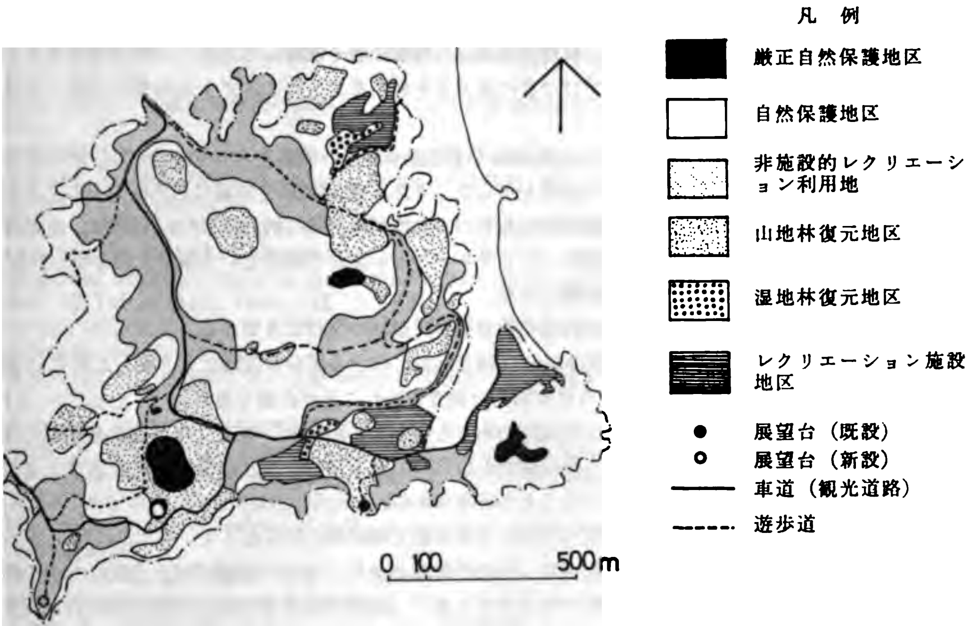


図 4　チヂン山城山地区自然保護・レクリエーション計画例

が望まれる。具体的には，地盤の安定した段丘面や砂丘上（立地単位7・11）の自然植生域でない部分が適地と判断される。

こうした結果をまとめて自然保護・レクリエーション計画案を策定した例が第4図に示されている。ここでは，自然保護に対する指針にもとづき各保護・復元地区が，またレクリエーション施設に対する適性評価によりレクリエーション施設地・展望台が設置されている。また車道については，すでに土壌侵食と植生破壊のひきおこされている立地単位1・2上の既設路線をより適した立地上に変更し，既設車道は遊歩道化している。また，遊歩道網の整備は，レクリエーション施設を基点に遊歩道に対する適性の高い部分をつなぐかたちですすめられるようになっている。

この計画案にいたるまでの過程には，評価基準に対する科学的裏付けが不十分であり，また計画論的な検討に欠ける点も多いが，土地自然の類型化と生態学的土地評価を自然立地的土地利用計画につなげうる可能性を示したことは認められてよかろう。そして少なくとも，土地自然の性質を十分把握することなくおこなわれてきた従来の保護区・レクリエーション地区の指定方式に比して，こうした手法が景観保全にはたす意義はより大きいものと考えられる。

IV まとめと今後の課題

前論（武内他1978）の位置付けを含めて本論の概要をまとめるとつぎのようである。

1) 前論および本論は，沖縄・伊是名島を例に，自然立地的土地利用計画の基礎として，現存植生および土地自然の把握と生態学的土地評価の方法について，現地調査の結果にもとづき議論を展開したものである。

2) 前論では，現存植生を植物社会学的に把握し，その地理的分布の特質を土地自然・土地利用との比較で論じた。

3) 本論では，さらに，土地評価を可能とするための土地自然の類型化の手法について考察し，因子の指標性や，潜在自然植生の現存植生を媒介とする土地利用との関係付けの容易さという点で「潜在自然植生一地形類型」による自然立地単位区分が妥当であることをのべた。

4) 伊是名島を対象に自然立地単位区分とその性質および相互関係，さらに現存植生を媒介とした自然立地単位と土地利用の関係について考察した。その結果，現況土地利用でみる限り，土地利用の成立可能性とそれぞれの利用の生態学的性質は，自然立地単位の性質に強く依存しており，自然立地単位と土地利用の生態学的秩序にもとづく今後のむすびつきのあり方を考えることによって土地評価を行ないうることが示された。

5) 土地評価については，まず，自然立地単位を土地保全共通の性格をもつ6つのグループ（うち4つのクラス）に類別し，評価結果と保全の課題を示した。また，特定地区を対象に自然保護とレクリエーションのための土地評価をおこない，土地評価にもとづく土地利用計画の例を示した。評価は，土地保全の重要性，現存植生の貴重性，ならびに道路・レクリエーション施設の適性という項目でおこなわれた。結果的に，生態学的土地評価の有効性が示唆された。

また，前論および本論をつうじて残された今後の検討課題はつぎのようである。

1) 植生単位，自然立地単位とも，基本的には調査地域における区分の段階にとどまっており，植生分類，土地分類の体系化のためには，さらに広域的な調査を踏むことが必要である。

2) 土地保全のための土地評価をさらに説得力あるものとするために，たとえば沖縄本島北部にみられるような土地改変・植生破壊にともなう流域環境の悪化（名護市1977）などの環境悪化の実情を自然立地単位との比較において調査をすすめていくことが必要である。

3) 農業的土地利用や都市的土地利用も含めた生態学的土地評価をおこなっていくためには，さらに土地利用をささえる社会・経済的条件の整理のしかたが問題となる。とくに島嶼では，上位レベルの政治・経済情勢のあり方を批判し経済の自立化をめざすことが，土地評価と自然立地的土地利用計画を有効に生かすための道につながると期待される。またレクリエーション計画についても，観光客の収容力といった

点（いわゆる環境容量的視点）から見直す必要がある。

4) 不十分ながら本論は，地理学や生態学の手法を土地評価をとおして土地利用計画へつなげようとし試みのひとつである。こうした立場からのアプローチは，自然環境破壊型の空間計画のあり方が問われいる今日，ますますその重要性を増すものと思われる。その意味で，今後，さらに方法論を発展させるともに事例をつみかさねてゆくことが強く望まれる。

本論は北海道大学・山本博（地形・土壌関係）および岡山大学(現横浜国立大学)・仲田栄二（植生関係）両氏との共同調査を基礎に，著者がとりまとめたものである。前論にひきつづき，伊是名村その他の関各位から資料提供等の御協力をいただいた。また，土地評価に関して東京都立大学・田村俊和氏から有な御助言をいただいた。さらに東京都立大学・前島郁雄教授からは前論・本論にまたがる内容全般にって多くの御意見をたまわった。記して深く謝意を表したい。

文献

CHRISTIAN, C. S. and G. A. STEWART (1968) : Methodology of integrated surveys in Areal Surveys and Integrated Studies, Proc. Toulouse Conf. 1964, 233-280 UNESCO, Paris.

DAVIS, K. P. (1976) : Land Use, 1-96, McGraw-Hill Book Co.

宝月欣二，他 (1978)：「島嶼生態系」検討報告書，文部省「環境科学」特別研究　島嶼生態系検討委員会 48 p.

井手久登・武内和彦 (1974)：景域単位区分の手法に関する考察，造園雑誌，38(3)，2-15.

——，他 (1975)：道路周辺植生の群落構造的考察，応用植物社会学研究，4，26-54.

ISHIBASHI, T. (1968) : Bedrock geology of Iheya Islands, Okinawa Island Group, Sci. Rep. Kanazawa Univ. 13(1), 51-72.

西村浩 (1969)：地形分類，西村編　応用地形学，9-26，大明堂.

亀山章 (1975)：車道による周辺植生への影響 (IV)，信州大農・演習林報告，12，33-47.

——，他 (1975)：道路計画における植生学的環境評価の方法，応用植物社会学研究，4，1-25.

KLINGEBIEL, A. A. and P. H. MONTGOMERY (1961) : Land-capability classification, Agriculture Handbook 210, 1-21, Soil Conservation Service, U. S. Department of Agriculture.

MABBUTT, J. A. (1968) : Review of concepts of land classification, Stewart ed. by, Land Evaluation 11-28, Macmillan Comp. of Australia.

MIYAWAKI, A. und K. SUZUKI (1976a) : Vegetation der Dünen und der Korallenbauten auf den Ryukyu-Inseln, Japan 横国大環境科学センター紀要，2(1)，115-152.

——・——(1976b) : Über *Psychotrio manillensis-Acerion oblongi*, 横国大環境科学センター紀要，2(1)，153-170.

名護市 (1977)：流域環境整備の課題と方法—とくに屋部川流域について—，あしたの 名護市，14，96 p.

沖縄県農業試験場 (1978)：地力保全基本調査（離島）.

STEWART, G. A. (1968) : Land evaluation, Stewart ed. by, Land Evaluation, 1-10, Macmillan Co. of Aurtralia.

武内和彦 (1976)：景域生態学的土地評価の方法，応用植物社会学研究，5，1-60.

TAKEUCHI, K. and H. YAMAMOTO (1977) : Landscape evaluation for the rehabilitation of an eroded drainage basin in the northern part of Okinawa Inland, southwest Japan, Geogr. Rep. of Tokyo. Met. Univ., 12, 127-141.

武内和彦，仲田栄二，山本博 (1978)：沖縄・伊是名島における植物群落の地理的分布とその特質，地学雑誌，87(6)，18-36.

田村俊和 (1978)：丘陵地における保存緑地を含む住宅地の建設計画と地形条件，日本地理学会予稿集 14，302-303.

津波古充清，他 (1976)：民有林適地適木調査報告　第3報，53 p. 沖縄県林業試験場.

TÜXEN, R. (1956) : Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung, Angew. Pflanzensoz. 13, 4-52, Stolzenau/Weser.

WATER AND SOIL DIVISION, MINISTRY OF WORKS (1971) : Land Use Capability Survey Handbook, A New Zealand Handbook for the Classification of Land, 138 p. Wellington New Zealand.

横山光雄，井手久登，宮脇昭 (1967)：筑波地区における潜在自然植生図の作製と植物社会学的立地診断および緑化計画に対する基礎的研究，26 p. 日本住宅公団.

YOUNG, A. (1973) : Rural land evaluation, Dawson & Doornkamp ed. by, Evaluating the Human Environment, 5-33, Edward Arnold Press.

(1979年2月26日受理)

地学雑誌 88, 4 (1979)

リシウム鉱物資源

松 田 亀 三*

Lithium Mineral Resources—A Review.

Kamezo MATSUDA

I 緒 言

最近リシウム(Lithium 以下 Li と略)の金属および化合物に再び関心が持たれてきたのは73年11月 OPEC による石油輸出禁止と続いての価格引上げで，特に米国に於て石油消費節約のため，電気乗用車と発電所の電力負荷調整用(Load-leveling) の Li 蓄電池の開発が重視されているのによる[1]。さらに21世紀のエネルギー開発は太陽熱利用と核融合炉による発電といわれるが後者には多量の Li が使用されるはずである。米国の石油輸入量は80年29億 bbl, 85年39億 bbl, 2000年57億 bbl の予想と拡大が予定されているためエネルギー節約，貯蔵用の蓄電池を開発し，85年4200万 bbl (太陽熱利用其他を含めて石油輸入量の略２%)2000年８億0,100万 bbl(〃 〃 略24%)の輸入節減目標をたてている[1,a]。蓄電池開発，核融合炉発電には Li が主原料となるもので米国自体の Li 資源量は将来の核融合炉発電が開始されても充分な資源量を確保しているが，さらにチリーのアタカマプラヤの開発を検討中であり，カナダでもケベック，マニトバ２州の休山中の鉱床の再開も近いと見られる。勿論日本でも石油節約は忘れられてはおらず蓄電池の開発，核融合炉発電の予察研究は行われてはいるが肝心の Li 資源が皆無といって好い状態で将来の必要資源量の確保については甚だ寒心に堪えない現状である。資源確保に注目する場合は海水からの Li の選択抽出及び外国資源の協同開発が残された方途といえよう。以下の Li の資源分布状態につき概説する。

II リシウムの分布

Li の地殻中に含まれる含量は20 ppm で Pb, Ga, La 等と略同様の多さで分布するという[2]。Li の単塩は甚だ容易で殆んど沈澱する機会がなく海水中には Li 0.17ppm[1,b)2] (岡山県沖で0.139 ppm)[3] 程度に含まれるが，海水が蒸発する時には残留鹹水中に入り岩塩 (Li 0.2 ppm 以下) 加里岩塩 (2.7 ppm 以下)[4] 等海成蒸発岩中には殆んど含まれないが周辺の海成粘土は過剰 Li の貯蔵庫として平均60ppm の Li を含む[1,J]。

火成岩では噴出岩は東北日本の塩基性岩では平均 Li 23—37ppm 酸性岩平均68 ppm以下で[5] Liは造岩鉱物の輝石角閃石の Fe, Mg を交代し，酸性岩中の Li は大部分が黒雲母に入り[6] 白雲母斜長石の Al をも交代する[6]。通常の玄武岩質岩石がスピライト化作用を受けると Li 12 ppm のものが時に195 ppm 平均75 ppm のスピライトとなり埋没変成作用に因るものといわれている[7] がスピライトに特有な曹長石緑泥石等がある時は含 Li 鹹水の伏在も疑われる所である[8]。

深成岩ではカナダの花崗岩の含量を見るとアパラチア(デボン)，コルジレラ (中生代末) のもので Li 40～59 ppm で含 Li ペグマタイト鉱床の有無に関わらず特に高いという訳ではない[9]。日本の領家帯の花崗岩では Li 7—52 ppm 黒雲母中の含量は69—700ppm だが角閃石中には花崗岩含量の 1/4 以下で殆んど濃集していない[10]。ペグマタイトについては鉱床の項で述べる。

これ等の岩石が風化すればその初期にはアルカリ，アルカリ土類と共に Li の洗い出しが著しく Li は Al と共に不安定粘土鉱物 (緑泥石モンモ

* 国際鉱産コンサルタント International Minerals Survey

，ハイドロマイカ等）中に濃集し[6]加州ナイト質粘土(Hectorite Li 0.5%)[2]はである。内陸乾燥地帯ではラグーン，鹹[M]g, SO_3, Cl 等と共に蓄積する。風化の媒体はアルカリ性から弱酸性となり粘土んどカオリンとなりボーキサイトに伴うでは Li 320ppm[6]～640ppm[11]を示す事その後カオリンは移動性 SiO_2 を分離しイトになれば Li 含量は激減する[11]。

内陸湖であった部分の堆積物中の地下水には Li の濃集する例があり現在稼行中ある。その根元は火成岩中の Li の抽出のもあろうが温泉鉱泉もその生成にあずのと思われる。例えば日本の有馬温泉，エローストーン公園の温泉，地熱地帯の田鹹水等にも含まれている。油田の端）では米国で最も多いのはガルフコースもので Li 174ppm 少いのは加州で 9.9タ州58本平均7.1ppm である[1,d]。

では粘土鉱物に濃集して数 10 ppm を示日本でも粘板岩で 75 ppm と高いものが国の石炭系下盤粘土で330ppm フリント900 ppm を示すものがある[1,c]。陸成蒸菱苦土鉱で 372～1400 ppm 苦天岩 132いうものもあるがこれは熱水作用を受けもしれない[1,d]。

より火山砕屑岩は Li 含量が高く東北日106ppm[5]の例がある。

タ州 Spor Mt. では Be 鉱化作用に Li 結晶質凝灰岩で Li 55～75ppm，熱水変受けたもので Be 105 ppm Li 230 ppm，鉱石では BeO 0.19% Li 4,231ppm を示し，Li 1,400—18,000 t の賦存が見込まれる。現在粗鉱 9万 t/yr 採掘しているので Li 35～350 t が含まれる筈という[1,e]。上記のように Li の分布はかなり広範囲にわたるが鉱床としてまとまるのはペグマタイトと鹹水のみである。

III　含リシウム鉱物と随伴鉱物

Li を含む鉱物は250種もあるが Li_2O 2％以上を含むものは27種，その 3/4 は花崗岩アルカリ岩ペグマタイトに産し[13]，採掘されているものは次の5種である（第1表）。

III-1　リシア輝石

その酷似鉱物は葉長石，柱石，鈍角石，長石（特に正長石[15]）モンブラ石等だが比重，鏡検，紫外線照射の発光で区別できるが細粒のもの特に試錐コア中のものの鑑定は困難である[16]。露頭では鈍角石に較べてはるかに風化し易く，ブラジルで地下 6 m[17]，米国で20 m 迄変質しており[1,g]しばしば軟化して暗緑色雲母の仮晶となり Li_2O 0.02％と減少し[18]，又細粒曹長石雲母類を含む粘土鉱物に変質し結晶形はもちろん柱状劈開迄残存する[19]。またユークリプタイトの出来る事がある[14][20]。新鮮なものは灰白色—淡鼠灰色（時にインキを滲した様な藍青色斑点がある[14]），黄，ピンク，緑色等となり，Cr のないライラック色の kunzito[21] Cr を含む緑色の hiddenite 等[22]の貴石になるものがある。その色彩は放射線または加熱により無色—緑—紅色に変色可能である[22]。

ペグマタイトに出る産状は次の様である[1,h]。

1)　帯緑色種，主に非累帯型（後出鉱床の項）

第　1　表

	成　分	L_2O 含量 (%)	晶系	劈開	H.	G.	其の他
石	$LiAlSi_2O_6$	8.0	単斜	110完	6.5-7.5	3.0-3.2	N＝1.653－1.682
石	$LiAlSi_4O_{10}$	4.9	単斜	001完	6-6.5	2.3-2.5	N＝1.504－1.516
母	$K(LiAl)_3(SiAl)_4O_{10}(F.OH)_2$	4-8	単斜	001完	2.5-3	2.8-3.3	N＝1.535－1.61
石	$(LiNa)AlPO_4(F.OH)$	10.1	三斜	100完	5.5-6	3.0-3.1	微粉は H_2SO_4 に易溶 N＝1.578－1.598
ト	$LiAlSiO_4$	11.9	六方(＋)	1011不著	6.5	2.66	S.U.V. にてピンク発光 N＝1.572－1.586

に産し長さ1呎以下の板状晶をなしまた中粒の斑晶状となる。組成は鉄分の多い高温種(600～640°C) で Al の代りに Fe が入り Fe_2O_3 0.6～0.9%を示す。

2) 白色種，累帯型に産し鉄分の少い低温種(330～390°C) でペグマタイトの中間帯と中心部(後出) に産し大型の板状晶をなす。大部分は白色，時にピンク，ライラック色で Fe_2O_3 含量は 0.01～0.03%で著量の Mn を含む事がある。なお二次生のもので，葉長石の分解でリシア輝石と石英の共生による仮晶をなし時には巨大晶となり，一次生のものと区別困難となる[1,h]。

その形は扁平柱状一不完板状一緻密質[14]で劈開裂開の認められないものもある[14]。粒度は 1/4 吋～14吋程度[19]時に長さ47呎の巨大晶となり[23]また緻密質で珪質噴出岩状の外観を呈する岩質中に長さ0.01～0.2mm の針状リシア輝石が石英と曹長石のミルメカイト中に含量40～90%，平均50～60%で賦存するものがある[24]。

リシア輝石の低温型 (α) を加熱して720°C になると高温型 (β) に転移し単斜系から正方系となり容積30%増と変り G 3.0～3.2は2.41となる[25]。このため例えば0.15～0.25 mm の砂状のものでも1,000°C，15分間の加熱で淡褐色に変色して微細な割目を生じるので確認は容易だが砕け易いので取扱いは注意を要する[26]。米国 N.C. 州産リシア輝石精鉱 (浮選) の品位は第2表の様である[27]。

化学工業用のものは L.C.A. 社ではキルンで 1,000°C に煅焼して β 型に転換し硫酸化焙焼 (250°C) して可溶性 Li_2SO_4 とし，石灰，曹達灰を用いて Li_2CO_3 として沈澱させこれより各種の化学製品を製造している[28]。

III-2 葉長石

塊状で産する時は石英に酷似し[29]，長石とは屈折率がカナダバルサムより低いので区別出来る。700°C 以上で β 型リシア輝石に転移する[29]。圧力2－4Kb 間では葉長石一長石の共生関係は同じ組成を示すリシア輝石一長石の共生関係よりも高温低圧で安定下にあるとされ葉長石の存在は浅所成生の目安に用いられる[30]。その産出は限られており，ローデシア，南西アフリカに産するのみである。ローデシア産は Li_2O 4.3% Fe_2O_3 0.03%程度の品位で[1,i] 日本では年間6～7,000 t を輸入し Li_2O 3%で粉砕品で 90～100円/kg (78年5月) である[31]。

III-3 リシア雲母

リシア雲母と総称するものには含リシア白雲母から Li_2O 3.3～7.7%の鱗雲母迄が含まれる。Li_2O の他にFが含まれるのが特徴で日本産では益富雲母 (Li_2O 4.45%，F 7.04%) が高く[20]美袋産(Li_2O 5.19%，F3.11%)は低いが外国産で高いのは Yushakova 産で Li_2O 4.88%，F8.71%と高く (DANA p. 624)，Li_2O とFとの間に相関関係はない。

南部タイ国の錫鉱石の尾鉱でリシア雲母に富むもの (Li_2O 1.70～1.74%) を浮選して雲母含量95%＋のものが実収率85%以上で採取出来，精鉱品位は Li_2O 3.5～3.7%を示したというが[32]，雲母の一部の分析では Li_2O 3.0%，F3.83%を示している。

リシア雲母の売鉱品位は Li_2O 3～4%を要するが[23]，当初は硝子製造等に用いられたが Fe, Mn 等の不純物の他に最近はFが公害問題となりその需要は著しく減少した[23]。

Li は Mg, Fe, Al 等を異質同像的に交代し，花崗岩類では黒雲母中に濃集する[33]。シベリアの花崗岩の Li は0.004%だがその中の黒雲母は 0.043%[34] またトランスバイカルの石英粗面岩中の黒雲母は10—770ppm で花崗岩中の黒雲母より広い分布域を示す[33]。

南阿では多数のペグマタイトがある場合，露頭

第 2 表

	リシア輝石含量(%)	Li_2O 品位(%)	Fe_2O_3 品位(%)	価格(1977年)
硝子，化学工業用	85	5.6～6.5	1.7	108$/t, FOB
窯業用	90	7.22	0.9 以下	181.5$/t, FOB
低鉄精鉱	90	6～7	0.10以下	N.A.

では殆んどが無品位状態に見えるが貫入接触部の試料は急冷相で全体成分を代表するため内壁帯(後出)の雲母の分析をして Li 10〜20 ppm を含めば Li 鉱化作用としては有望であるという[35]。

III-4 鈍角石 (amblygonite)

リシア輝石，長石等に酷似するが重晶石，方解石にも似ている。燐酸塩で微粒は硫酸に易溶である。Li 鉱物では Li_2O 含量が高いが鉱量まとまらず，僅かにブラジルの化学工場で小規模に用いられている[1,l]。

III-5 長石

斜長石は主に曹長石でクリーブランド石を含み[31][36][37][38]白色一淡青色，板状，糖晶状，葉片状，放射球状集合をなし累帯ペグマタイトの特徴の一つをなす[38]。長石雲母等の成分変化はその晶出状態の変化を現わすもので[38]特に加里長石はパーサイトを含めて探査の指針となる。当初の加里長石は明らかに単斜系だが冷却すると三斜化作用が起り[39]累帯構造をなし成分光学性も異なるようになる[38]。微斜長石でも2時期成生のものがあり第1期のものより第2期のものの方が Rb, Cs, に富化し Na が減少する[40]。通常アルカリ長石はペグマタイトの貫入接触部から内部に向けて略直角に a 軸方向に伸びて成長する (Polar zoning)[36]。

ソ連のペグマタイトで含稀金属ペグマタイトの加里長石は Li 0.0143%〜0.0214%を含むのに対し稀金属鉱物を含まないものでは Li 0.005%以下であり[41] Cs 含量0.07〜0.1%のものも有望とした[40]。また先カンブリア系のペグマタイトでは Cs 0.07%〜0.12%を境として無品位型との区別は容易であり，K/Cs と Na の対比で稀金属型の細分も可能としたが，顕生代のものは中深度の生成で分化作用少く稀金属型の細分は困難であるという[42]。

III-6 其他の随伴鉱物

微量のもの迄含めればペグマタイト鉱物は数十種類に及ぶが経済的に重要なものは錫石，コロンブタンタライト，緑柱石である。緑柱石で Cs 含量が1.5〜3%と高いものは Li に富むペグマタイトであるという[43]が少数の試料の微量元素から経済性ある潜在鉱床の鉱量確認迄探鉱が実施出来れば探鉱技師の夢が叶えられたものであろう[43]。

IV 鉱　床

Li 鉱物の採掘は戦前はペグマタイトに限られたが1938年米国加州 Searles Lake で加里塩の副産物として Li 化合物が製造されるようになってからは地表鹹水も Li 資源として見られる様になった[1,k]。また1938年米国地調が軍用に錫資源の確認を行った際 N. C 州で尨大なリシア輝石ペグマタイト帯を発見した[1,g][44]。戦後 Li の備蓄計画も終了した1960年に加里塩の探査の試錐でネバダ州に現在稼行中の主要鹹水鉱床を捕捉した[45]。現在は Li の鉱床として考えられるのはペグマタイトと鹹水の2種である。

IV-1 ペグマタイト鉱床

ペグマタイトには変成岩類の再生利用により鉄苦土鉱物岩中に限られ，花崗岩類とは関係なく鉱物組成簡単なものと[46][86]花崗岩マグマからの分化物であるペグマタイトと2種類ある。

前者には曹長石リシア輝石ペグマタイトで Li 0.6%を含み稼行可能と思われるものがあり[47][48]ローデシアの Kamativi のペグマタイトもこれに属し[49] Su-Li ペグマタイトで累帯構造著しく現在は Su のみの採掘を行っているが Li と Su は逆相関関係を示す[50]。

後者は花崗岩がペグマタイトに移化しているものもあるが[51]大部分は独立岩脈，レンズ，ファコリスの形で[36]その内部構造鉱物組成から非累帯型(均質又は単純ともいう)[36][44][52]と累帯型（不均質または複雑）に分け[1,h][17][19][37][38][53][54][55][57] 累帯型の一部には交代型として後期熱水作用による交代作用で稀元素鉱物の濃集のみられるものがある[1,h][19][24][36][52][53][54][55][58][59]。

以前は累帯型で巨晶を産するものが稼行対象であったが米国で品位は低いが巨大な鉱床が発見されてからはその浮選精鉱が市場の大部分を占める事となった。ペグマタイト鉱床は最近発見されたアフガニスタン[21][24][51][60][61]のように巨大なものが発見される可能性も多いがその開発は市場に近く交通便利なものに限られるので[57]既知のザイールのもの等も当分開発は見送りに留まる事と思われる。

IV-1-a　非累帯型ペグマタイト

その貫入状況により緻密質[24]からリシア輝石が斑晶状[44]をなすものまでありまた緻密質岩脈が累帯ペグマタイトに移化しているものがある[24]。緻密質のものは珪質噴出岩相に酷似し流状—縞状構造を呈し[25] 地下 2—3.5 km で固結したものと考えられている[85]。

ペグマタイトは岩脈群をなす事が多いが累帯型と非累帯型が1地区内に存在し[62]，ブラジルでは61本のペグマタイトの内19本が非累帯型残余が累帯型との報告がある[17]。最近の南西阿の研究ではペグマタイトの貫入当初にはいずれも非累帯型となり均質な成長前線を持つ殻部 (shell) を形成して結晶は内部に向い柱状に伸びるが，さらに内部又は下部に向っては結晶が不規則分布をなすものとなり中心部 (Core) を形成するという[88]。

非累帯型で代表的なものは米国 N.C. 州 Kings Mountain で延長25哩に亘る岩脈群帯をなし[44]，最大のものは延長 1 km 幅90m 地下245 m 迄の試錐では品位の変化はない[63]。二畳石英紀の石英モンゾニ岩に関係あるペグマタイト[1,8] で貫入接触部は薄い縁辺部をなしてリシア輝石を欠くが内部は上盤から下盤迄均一に卵形微斜長石と帯緑色板状リシア輝石が斑晶状に散在し[52]リシア輝石は殆んど破砕されてその間隙を基質の石英，曹長石（時に糖晶状）が充塡している[44]。鉱物組成はリシア輝石20%，石英32%，曹長石27%，微斜長石14%，白雲母 1 %，残余には微量の錫石がありこのため1880年代から採掘された[1,8]。リシア輝石は稀に90cm に達するが大部分は 30cm 以下で Li_2O 7.46%，LnO_2 0.06~0.15%を含むが錫石に依るものではない[44]。鉱質均一，品位安定し，数本のペグマタイトを一括露天掘りする。(W : 0=2.5 : 1 ベンチ高さ20呎)[83]。現在は 2 社の露天坑で 2,750 t/d の採掘を行い選鉱してリシア輝石精鉱530 t 長石680 t 雲母70 t，石英 400 t を産している[27]。

カナダケベック州のものも鉱量2000万 t，Li_2O 1.3% (先カンブリア系) と大きいが (N. M. 79. 2.1 p. 1~2) 現在は休山中である[52]。

タイ国南部の半島部にある含錫石リシア雲母ペグマタイト群では，主脈は延長 1,200m，幅最大20 m，リシア雲母50%，長石石英50%を含み[82]鉱量は 4 ~500万 t は推定可能でリシア雲母鉱床では最大のものと思われる。

IV-1-b　累帯型ペグマタイト

ペグマタイトの貫入により結晶作用が順次内部に進み，粒度は極細粒（1/4 吋以下)，細粒(1/4 吋 ~ 1 吋)，中粒（1 ~ 4 吋)，粗粒（4 ~12吋)，極粗粒（12吋以上）と変化する。また鉱物組成も接触部から内部に向って変化し鉱物組合せによる分帯は11帯[64]から12帯[63]にも及ぶが通常は構造から 4 帯に分ける[19][88][64]。

(1) 内縁帯 (Border zone)，幅数 cm，極細粒~細粒，石英，白雲母，斜長石等より成る。

(2) 内壁帯 (Wall zone) 幅数 10cm 以上で粒度大となりアルカリ長石が増加する。

(3) 中間帯 (Intermediate zone) 幅数 m 以上が多いが欠落する場合もある[64]。上記鉱物の外特有のペグマタイト鉱物を産し曹長石は殆んどクリーブランド石となる。

(4) 中心部 (Core) 幅数 m 以上，殆んど石英より成り多少のアルカリ長石を伴う事がある。

これ等の各帯は中心部を囲繞して対称的に発達する事が多く[19]各帯のペグマタイトの名称は多量にある鉱物から少くなる順序に鉱物名を並べ，特に経済的に重要な従成分のある時以外は従成分名は省く[64]。

前記南西アフリカのペグマタイトの観察では[38]貫入の当初では累帯型も非累帯型の外観を呈すので 1 平面上の観察で非累帯型とは決められず[1 38]，岩体上部では非累帯型でも下部に下れば累帯型に移化するとした[88]。また従来の 4 帯の分帯を殻部 (Shell) と中心部 (Core) の 2 帯とし[88]，その境界部には雲母を主とするペグマタイト鉱物が発達する。殻部はペグマタイトの貫入接触部に直交する成長方向を持つ結晶が内縁部から内部に排列して均質な成長前線を示すが，中心部は結晶が浮動して不規則に分布し均質な成長前線はない。

これ等の累帯が発達するのは水平的に非対称的の事が多く上下方向にも著しい変化がある。特に累帯構造の発達の著しいのは水平及至緩傾斜ペグ

トに特質的に見られ，スエーデンでは１地0本の緩傾斜ペグマタイトがあり[30]，アフタンでは貴石の kunzite を産する[21]。累マタイトの中間帯ではリシア輝石の巨晶を国 S.D 州 Black Hills では長さ47呎，径ものを産し[23]手選時代には30cm 以上のもった。リシア雲母を産したペグマタイトはは数少く100 t 以上のリシア雲母鉱石を産山は５カ所に過ぎない[23]。

に累帯ペグマタイトの鉱化作用は極めてむ10m 離れて不毛帯に移過するような異質があり[65]，採鉱操業上極めて不安定，かは限定されて探鉱余地も少く，鉱業会社と力ある対象ではないため[66]大部分は小鉱山長附近の狸掘りに終始する状態で下底への像も不明ものが多い。但し大鉱体では相当迄連続するものと見られる。規模の大きいイール(先カンブリア系延長10km 幅100～m)のリシア輝石ペグマタイト，ローデシアンブリア系延長5,000呎以上幅５～200呎)[67]ア雲母葉長石ペグマタイト，アフガニスタ(白亜 古第三紀)[61]のものである。

ガニスタンのものはペグマタイト群で数百或り大きいもので延長数100ｍ～２km，幅m 高低差400～600m 間に連続し，リシア鉱化作用は上下1,000m 間は続くと見られその上下方向に於ける鉱物組成の変化は上シア輝石含量15―30％を示すが下部に漸減斜長石も25％より10％に減じ曹長石と曹長斜長石含量が増大し，リシア輝石の晶相もから針状に変化，品位も Li_2O ２％が1.5下する[61]。下部に加里長石が減少するのはも見られる[66]。

-c　交代型ペグマタイト

. GINZBURG によると花崗岩ペグマタイ達する段階で早期の加里分に富むペグマタ成では Li はリシア輝石として現われ，後達分に富む組成では Cs も Rb 濃集したリ母として成生するという[32]。これ等の鉱物による融触または交代作用が行われるが[33]，交代作用によるものか[58]外部からの溶液が物に作用したものかは区別の必要がある[58]。

気成―熱水期に非累帯型ペグマタイトが交代されて曹長石，緑柱石，リシア輝石，リシア雲母，錫石コンブルタンタライト等を生じたとする説もあるが[64]，Be, Li 鉱物の濃集は交代作用に依らず，帯状型分布に支配され，錫石，コンブルタンタライト等は交代作用で生じたとする意見もある[53]。早期鉱物の加里長石，またリシア輝石等を交代したリシア雲母の高品位鉱には早期鉱物の交代残骸が見られ，Ta, Be, Li 等は明らかに自変生交代作用の結果と見られるものがある[58]。特にリシア雲母の交代型の例はローデシア[67]，カナダ[68]其の他[19][23][59]に見られ，何れもクリーブランド石を伴い，これが Li-Be 鉱化作用の指示鉱物になっている[59]。ペグマタイトの割れ目を充す鉱化作用は明らかに後生の熱水作用によるもので，中心部石英帯を切る場合には石英質角礫岩状となる[36]。交代性の単元で採掘出来るものは少いとされたが[66]，規模の大きいものはこの限りではない。剪裂帯を充す緻密質岩脈で針状リシア輝石が接触部に平行に生じたものは，温度圧力の変化で残液中に濃集した Li の交代作用に依り早期鉱物が再結晶してリシア輝石微晶を生じたものと説明されている[24]。

IV-1-d　母岩の変質

一般に著しい影響はないが北米 N. C. 州では母岩の角閃岩に接触部より50cm の厚さで稀アルカリ黒雲母，ホルムキスト角閃石が生じており，ペグマタイト中の角閃岩ゼノリスには黒色電気石を生じている[1,8]。シベリアのペグマタイト地帯でも広く黒雲母，ホルムキスト角閃石のハロがあり[39]，接触部に近い部分に黒雲母が，やや離れてホルムキスト角閃石が生じている[65]。この場合不変質角閃岩の Li 含量は30～60 ppm だが，内帯に Li, Nb, Ta, Be 鉱物の有る場合の含黒雲母ホルムキスト岩では2,000～10,000 ppm を示すという[65]。

IV-2　鹹水鉱床

地表水また地下水の Li 含量の資料を見ると次の第３表になる。

第３表に含まれないのは日本の海水，温泉，地熱水等の成分であり簡単に附記する。

第 3 表

	海水 (%)	死海 (%)	ユタ州 大塩湖 (%)	加州 Salton Sea 地熱水 (ppm)	加州 Searles Lake 地表鹹水 (ppm)	ネバダ州 Clayton Val. 地下鹹水 (%)	米国 油田鹹水 (mg/l)	チリー アタカマ 地表鹹水 (mg/l) 6ヶ	トルコ Tuz Gölü 地表鹹水 (mg/l)
Na	1.08	3.0	7.0	71,000	110,000	7.5	55,470 —75,400	10,280 —91,100	① 73,700 ② 117,000
K	0.04	0.6	0.4	18,000	26,000	1.0	614 —7,430	1,690 —23,600	① 12,700 ② 900
Mg	0.13	4.0	0.8	152	— — (As 198)	0.06		750 —9650	① 34,000 ② 2,640
Li	0.000017 (0.17ppm)	0.002	0.006	238	81	0.04 (380ppm)	50 —692	130 —1,570	① 220 ② 18
Ca	0.04	0.3	0.03	35,600	16	0.05		1,160 - 450	① 109 ② 413
SO_4	0.27	0.05	1.5	42	46,000	0.75		2,160 —15,900	① 54,000 ② 6,120
Cl	1.94	16.0	14.0	186,000	121,000	11.7	(Cs— 25.0)	20,300 —189,500	① 18,500 ② 18,500
Br	0.0004	0.4	0	162	860 (B 3380)	0	(Rb— 25.0)	(B 61 —440)	(Sr ① 7 ② 17)
Li/Mg Li/K	— —	1/2000 1/300		(Li/Ca 0.007) (Li/Na 0.003)	Li/Cl 0.0007 Li/Na 0.00074	Li/Cl 0.004 Li/Na 0.0057		(HCO_3 92 --230)	(HCO_3 ①1405 ② 122)
文献	1. m) p. 81	69)	1. m) p. 81)	1. l) p. 63 Sinclair #4	72) 1. b p. 58)	1. m) p. 81 1. b) p. 58	1. f) p. 117	1 n) p. 71	70) ① 夏期 ② 春期

IV-2-a 海水

海水中の Li 含量は0.17ppm[1,b)2)]とされ，岡山県沖で0.139 ppm[8)]と低いが資源量としては2,400億 t[73)]～2700億 t[1,m)]と尨大な量が考えられる。

Li は食塩等を抽出した製塩苦汁中に濃縮するので日本原子力研究所でも苦汁200 l から陽イオン交換法で Mg 塩と分離して粗製 LiCl, 10数 gr を抽出し得て将来100万 kw の核融合炉が必要とする補充用 Li 1 t/yr は少くとも供給可能と見ているが（日工新53, 1.13, p. 1）生産コスト的には未検討である。

米国でもイオン交換樹指を用いて LiCl を回収し，これより金属 Li を抽出したがその製造原価は74年価格で2.2～3.2 d/gr. Li で従来の Li 鉱物から抽出した金属 Li の販価2¢/gr より多少高い程度のものという[1,m)]。ただしこの場合生ずる大量の岩塩，塩化マグ，石膏等を如何にするかが問題となるので Li のみを選択吸着する物質の開発が推進されるべきとした[1,m)]。日本の工業技術院でも Li イオンの選択吸着，分離可能とする方法を研究しその特許を公開した[74)]。これは無定形水酸化アルミを用いて選択吸着させる方法で回収率21～28%を示した。なお水酸化アルミ法は米国加州 Salton Sea の地熱水 (Sinclair ＃4，温度350°C Li 238ppm) で試験し，Li 回収率は温度75～85°C で98%を示したが処理上の難点は生じた沈澱がゼラチン状となる事で[1,l)]製造原価の検討と共に今後の解明にまつ所が多い。金属 Li の価格は70年8＄17/lb (1.80¢/gr)，75年11$30/lb (2.49¢/gr)[1,o)]，77年末，11$ 60～15$/lb15/(3.31¢/gr) (N.M. 79, 2, 15, PB 11)，日本価格は25円/gr である[84)]。

IV-2-b 温泉及び地熱水

温泉で Li 含量の高いのは兵庫県有馬温泉で(13°—92°C)，Li 50.8 ppm といい[8)]，米国大塩湖の含量に近いが年間 Li 15 t 程度を放流している事になる[73)]。地熱発電用の蒸気に伴う熱水には Li が含まれ，Li : Na が高く1 : 100に近いのが特徴で地熱源を確認するのに有効な資料となっている[1,l)]。大分県大岳地熱発電所の熱水は[76)]340～431 t/H (165°C) で噴出し，当初の Li 含量は8 ppm であったが，3～6 ppm と減衰したので熱水を地下に環元して地下状態の改変をもたらさないようにしており[1,l)]簡単に Li 資源と見做せるか否か問題である。

米国イエローストーン公園の温泉は Li 0.16～7.9ppm (130°～140°C)を含み，附近の岩石孔隙にはイライトと見誤ったリシア雲母を生じており[76)]年間 Li 480 t を放流している[1,b)]。

IV-2-c 鹹水鉱床

乾燥地帯の内陸湖陸水には屡々 Li を含有するものがありその堆積物には Li 数10～460ppm を示すものがある[1,q)]。その乾湖化したプラヤ地帯の地表水地下水は Li の潜在的鉱床に発展する期待がかけられている。現在 Li を採取しているのは米国だけだが，チリーの大鉱床は米国の F.M.C. 社がチリー政府と協同開発を検討中である。主なものは次のようである。

（A） 米国加州 Searles Lake

カーマギー社が加里，曹達塩類の副産物として Li_2CO_3 を抽出していたが最近生産を中止したという[84)]。地質は湖底の厚さ8 m の被覆泥層下に厚さ22m の上部岩塩層がありその下部に厚さ8 m の粘土層を挾んで厚さ12m の下部岩塩層がある。稼行中の鹹水は上部岩塩層の20～50%[24)]を占める間隙充填水で Li 80ppm を含む[1,k)]。この鹹水を汲み上げ岩塩加里岩塩等を抽出すれば Li は残液中に2.5ミクロン大の Li_2NaPO_4 (Li_2O 21 %) として濃縮し，これを石鹼浮選で回収し Li_2SO_4 から Li_2CO_3 に転換する[1,p)77)]。

（B） 米国ネバダ州 Clayton Valley

砂漠中のプラヤの地下鹹水で深度100～250 m の井戸から揚水し Li_2CO_3 1,400万 lb (1977, E.M.J 78, 3, P. 135) を産し米国産額の 1/4 を占める。その発見は前記したが試錐深度30呎で Li 80ppm, Li_2O : K_2O = 1 : 10のものを捉えダウ社の特許水酸化アルミ法で Li を抽出する計画であったが[45)]現在は F.M.C. 社が稼行中である。試錐によれば多数の岩塩層と粘土層より成る互層が存在しこれに含まれる鹹水で Li 300ppm Na 66,200ppm (Li : Na = 0.0045)[2)]を含む。30本の井戸から揚水した鹹水は天日蒸発（降雨量50 mm 以下，蒸発量1,250 mm 以上）で岩塩加里岩塩を沈澱させ残液の Li Cl 2%になったものから

苦土塩石膏等を除去し曹達灰で Li_2CO_3 99.5%として回収する。含 Li 堆積物の厚さは1,500呎だが上部600呎の部分のみで広さ10平方哩にわたる Li 資源量は5万 t と称する[69]。

（C）米国ユタ州大塩湖

大塩湖の陸水に Li が含まれるのは1927年米国地調が確認した。その北半部では Li 64 ppm 南半部は深度7 m 以内の浅所で Li 22ppm 深度7 m 以下の深所で43 ppm を示す[1,d]。Mg 塩の副産物として回収すれば Mg/t に対し Li 5 kg 産出する筈なので Mg 41,000 t/y 能力の工場があり Li 70—200 t/y 生産可能となっている。大塩湖全体で Li 量526,000 t あるとされているが[1,d]，Mg 塩類の回収が行われなければ Li のみの抽出は望み得ない[1,d]。

（D）南米アンデス地域の鹹-乾湖

中央アンデスの砂漠地帯では降雨量 10 mm/Y に過ぎず(高度2,000m 程度では300m.m/Y) 塩類の被覆殻のある凹地(プラヤ)が多数存在し，これを Salar と称し，その鹹水中には Li の濃集しているものがある。チリーアタカマサラールに Li の濃集するのは70年チリー地調の発見で，加里質鹹水中に Li 2,000ppm を確認した[78]．上記地帯には広さ 1 km²～9,000km² にわたるサラールが75カ所以上ありその殆んどが未調査である[1,n]。最大のものはボリビアの Uyuni サラールで9,000 km² を占め[1,n]最も Li の貯溜に適した部分と見られる。アタカマサラールは面積1,500km² でその鹹水は Li 2000～4000mg/l を含み[1,n]，Li 数百万 t の賦存が見込み得る。サラールをその塩類被覆物から分類すると3種となる[1,n]。

(1) 累帯サラール

中心部は比較的厚い硬質，乾固岩塩または石膏の殻部より成り周辺に薄い軟質，湿潤芒硝，テナルド石，曹灰硼石等の密雑したものとなる。

(2) 乾固シルト質サラール

主として岩塩がシルト質プラヤ中で晶出したもので砕屑状外観を呈する。

(3) サラールグランド

特異なもので延長50km，幅 8 km，厚さ 160m の粗晶岩塩の塊状岩体から成り，その成因はサラールを切る断層作用で鹹水が流失したものと考えられている。

大部分のサラールは被覆殻の下部には堆積物で含塩鉱物層を挟まないが上記累帯サラールに属するアタカマサラールのような大規模のものでは複雑な形成史を示すので，さらに下部に含塩鉱物層およびその内部に化石化含 Li 鹹水が含まれる可能性が無しとは断言出来ない。チリー地調の分析では Li は130～1570mg/l 含まれ[1,n]，Na, K, Mg, Cl, B と正の相関関係を示す。現在採掘中のチリ硝石鉱床には Li 20～50 ppm 含まれ副産物としてなら回収可能である[1,n]。チリー政府は将来の Li 価格の上昇を見込み75年から米国 F.M.C 社と協同探鉱を100万$で実施し企業化調査を進めているが，78年中に Li_2CO_3 540万 kg/Y の生産設備に起業費1,000万 $ を投入するか否かを決める筈という[12]。

（E）その他の産地

(1) ボツワナ

ボツワナ地調の調査では北東部内陸盆地にある2大鹹湖に岩塩，ソーダ，加里塩の濃集している事が判明し，一部は地下 30 m 迄の主要含水層中に130億 m³ の鹹水が存在し，岩塩16億 t，曹達灰4億 t が埋蔵され，Li は0.026 g/l を示すという。計画としては天日蒸発で曹達灰と精製岩塩の製造のみが考えられている[71]。

(2) トルコ

アンカラの南方120km，Tuz Gölü の閉鎖系プラヤ型鹹湖があり，夏期の Li に富む時期では Li 220 mg/l, K 12,700 mg/l を示し米国の大塩湖に似ているという[70]。

(3) ソ連

中央カザクスタンの鹹湖には Li 1.5～2.3× 10^{-3}%を含むものがある[52]。

(4) 中国

西蔵，青海省の鹹湖中には Li 賦存が考えられるとの地調大町部長の予測であるが[83]，最近中国側の調査では西蔵高原の鹹湖で世界最大と信ぜられる Li の埋蔵のあるのが判明したという (M. J. 79, 3, 2, p. 161) が含量は発表されていない。戦前から硼砂を採取していたのでこの情報は確度の高いものである。

V 鉱　　量

界の Li 生産能力は 1970 年の 5,495 t から75
9,060 t に増加したが米国では 3,600 t から
0 t に増大した[1,60]。
れに対して 鉱量の 集計は数多く 計算 されているが最近の自由世界のものをまとめたのが発表された[63]。(第4～第6表)これによると埋蔵量を確定と推定に分け，探鉱資料のない資源量では間接資料に依る推測を予想量とした。需要増大の場合先づ予想鉱量の格上げが探鉱の対象となるので予想鉱量は大きい事が望ましい。全体として鉱量

第4表　北米ペグマタイト鉱量(KESLER 1976)　m.t(実収率等を含まず)

	埋蔵量		資源量
	(確定)	(推定)	(予想)
国 N.C. 州 L.C.A 社	33,750,000	5,950,000	22,600,000
Li %	0.68	0.69	0.65
Li 量	229.500	41,100	146,900
F.M.C 社	22,300,000	3,400,000	18,900,000
Li %	0.7	0.7	0.7
Li 量	156,100	23,800	132,300
未探鉱地域			750,000,000
Li %			0.69
Li 量			5,175,000
S.D. 州 Blk Hills			1,100,000+
Li %			0.45+
Li 量			5,000
Me 州 Knox Cty			500,000
Li %			0.58?
Li 量			2,200
米国計粗鉱量	56,050,000	9,350,000	793,100,000
Li 量	385,600	64,900	5,461,400
カナダ Qbc. 州 Q.L.C 社			
4 鉱区	6,890,000	10,000,000	11,200,000
Li %	0,465-0.69	0.58	0.58-0.69
Li 量	42,000	58,000	66,300
Ont. 州 7 鉱区	10,900,000		7,250,000
Li %	0.49-0.76		0.41-0.6
Li 量	60,700		36,800
Mnt. 州 T.M.C 社			
7 鉱区	13,400,000	3,400,000	3,010,000
Li %	0.56-1.38	0.56-0.6	0.56-0.69
Li 量	118,800	20,000	17,800
カナダ計　粗鉱量	31,190,000	13,400,000	21,460,000
Li 量	221,500	78,000	120,900
北米計　粗鉱量	87,240,000	22,750,000	814,560,000
Li 量	607,100	142,900	5,582,300

第5表 アフリカ，濠州，南米，ペグマタイト鉱量 (KESLER 1976)

m.t(実収率等を含まず)

	埋蔵量		資源量
	(確定)	(推定)	(予想)
ザイール Manono	35,000,000	85,000,000	400,000,000
Li %	0.6	0.6	0.6
Li 量	210,000	510,000	2,400,000
ローデシア Bikita	4,500,000	900,000	5,400,000
Li %	1.4	1.4	1.4
Li 量	63,000	12,600	75,600
南西アフリカ Karifif	150,000	300,000	650,000
Li %	1.4	1.4	1.4
Li 量	2,100	4,200	9,100
濠州 西部	4,300,000		3,180,000
Li %	0.69		0.77
Li 量	29,700		24,500
ブラジル ミナスセアラ	735,000	1,750,000	2,550,000
Li %	0.7	0.7	0.7
Li 量	5,100	12,200	17,800
アルゼンチン サンルイス コルドバ カタマルカ	140,000		
Li %	0.7		
Li 量	1,000		
計 粗鉱量	44,825,000	87,950,000	411,780,000
Li 量	310,900	539,000	2,527,000

第6表 米国，チリーの鹹水量 (KESLER 1976) m.t(実収率等を含まず)

	埋蔵量		資源量
	(確定)	(推定)	(予想)
米国ネバダ州 Clayton Valley (F.M.C)	202,250,000		386,250,000
Li %	0.02		0.02
Li 量	40,500		77,300
加州 Searles Lake		475,000,000	
Li %		0.005	
Li 量		23,700	
チリーアタカマサラール	950,000,000		2,220,000,000
Li %	0.135		0.135
Li 量	1,290,000		3,000,000
計 粗鹹水量	1,152,250,000	475,000,000	2,606,250,000
Li 量	1,330,500	23,700	3,077,300

は70年以前より著しく増加したがペグマタイトの確推量は著しい変化はないが鹹水では70年のアタカマサラールの発見が大きな増加をもたらした。73年のアタカマサラールの予想量としてはLi 100万 t としてあったが[78]76年の見直しでは確定 Li 129万 t，予想で300万 t を見込んでおり[63]，これは多数の内陸プラヤの1つに過ぎないので鹹水中の Li 量はさらに増加が見込める。ペグマタイ鉱床では米国N. C. 州の未探鉱部分に対する予想鉱量の増加が大きくこれは深さ1,650 m 迄見込んだ結果という[63]。またザイールの場合従来は Li 量100万 t 程度しか見込まなかったが予想を含めて300万 t 見当を見込んでいる。なおカナダのケベック，マニトバ2州の鉱山は再開と新設備増設に進むと思われる。(N. M. 79, 1.25, 2.1, 2.15)

IV 需　要

米国では Li 化合物を戦中は軍用に，戦後も水爆用に大量の備蓄を行ったが60年に備蓄計画は終了したので残存3社は生産能力の 1/5 に減産していた。72年からは Al 電解に利点が見出され増産の途に就いた時点で73年の OPEC 石油禁輸，価格上昇に遭遇し Al 製錬も一頓挫を来した。その後徐々に回復，現在は米国消費量としての Li_2CO_3 3,300万 lb. の50%が Al の電解用に使われている[84]。

上記オイルショック時には米国の乗用車のみで480万 bbl/d と米国石油消費量の28%を使っていたので輸送用，電力用の石油消費節減のため，高性能 Li 蓄電池の開発を考え，2000年には24%の石油輸入削減を目標とした[1,2]。先ず乗用車は重量910kg の小型車で時速97km/h で320 km 間を走行するとして例えばLi—水—空気電池で Li 14.4 kg を積載する事とし，85年に乗用車20万～100万台が使用されれば所要 Li 量は2600～17,000 t，2000年に1,800万～2,500万台で所要Li量は234,000～425,000 t となる見込という[1,7]。これと共に電力負荷調整用に蓄電池の開発を見込めば合計所要 Li 量は85年で最低2,200 t，2000年で最低84,000 t が必要になろうという[1,8]。なおこの外に21世紀に入れば核融合発電が稼動する事と思われる。この場合1,000 MW(e) に対し Li 200kg を消費すると仮定して500,000 MW(e)（70年の全米の発電量に当る）なら Li 100 t を必要とし核融合炉のブランケットには Li 10万 t が必要となる[1,1]。80年迄に米国の Li 生産能力は Li_2CO_3 9,000万 lb (Li 9,000 t) になる計画だが[1,1]蓄電池の商業生産が始まれば到底所要量はまかなえるものではない。鉱量は充分あるので新鉱山の開発が米大陸で行われるのは必至と見られる。

日本の需要も戦中は軍用が主でジュラルミンの熔接助剤として用いられ朝鮮半島丹陽産[84]，福岡県長垂産鱗雲母(200 t Li_2O 2 %)[85]を採掘した。戦後は米国及びソ連から金属 Li 及びその化合物を輸入し，窯業原料の葉長石をアフリカ南部，ブラジル等から年6～7000 t 輸入している。輸入量は次のようであるが74年の輸入量は Li 換算で700 t[78]である。現在の用途は北岸，平尾氏の報告に詳しい[82]ので省略するが空調工事，グリース工業，窯業，乾電池製造等が主なものである。米国のように Al 電解には用いずまた今後の伸びも期待出来ない。最近の成長商品の代表格としての Li 乾電池の需要は急増しているが金属 Li として77年は年間1 t 程度と推定されているが[84]，近く2 t/Y となるのではないかと思われる。乗用車用蓄電池の開発研究も行われているが未だ著しい

第7表　日本の Li 製品輸入量(日本貿易月表，品別国別 77.12)

	1967年	72年	73年	74年	75年	76年	77年
金　属 Li (kg)	18,612	8,027	15,465	16,407	6,582	15,610	16,596
水酸化 Li (kg)	236,562	495,830	639,061	527,984	520,170	511,860	577,193
塩　化 Li (kg)	1,052		50,620	140	591	571	1,429
臭　化 Li (kg)	20,243	5,404	501,804	LiBr+KBr 295,877	5,815	2,355	1,017
炭　酸 Li (kg)	432,057	1,124,361	2,135,499	2,697,327	652,257	1,125,529	1,543,568

進展は見られない。電力負荷調整用には日本では専ら揚水発電所の建設を考えておりこのため蓄電池開発は遅れているが将来は大きな課題となる筈である。核融合炉による発電は74年に日本原子力研究所がトカマク方式の熱出力200万 kw, 電気出力80万 kw の実用炉の試設計を完了し90年に実験炉を完成する目標で計画が進められている(サンケイ, 78. 6. 2p. 1)。将来商業発電が開始された場合の Li 消費量は100万 kw 当り年間約5t の Li が消費される事になり[78]昭和60年頃の原子力発電の計画規模6000万 kw と同程度の核融合発電が30～40年後に必要になるとして Li 18,000～60,000 t が必要で, その量を確保するためには今後毎年通常の消費量以外に1000 t 前後の Li を備蓄しなければならない[78]。かりにその実現が遅れたとしても相当量の Li が必要となる現在の日本には含 Li 鉱物は存在するが鉱石となるものは皆無といって好い状態なので融合炉の研究開発も重要だが資源の確保を如何に考えるかも大きな課題であろう。

文献

1) NINE, J. D. (1976) : Lithium resources and requirements by the year 2000, U.S.G.S. P.P 1005, 1-162.

これに次の諸文献を含む.

1,a) LANDGREVE A. A. et al. : Battery research sponsored by the U.S.E.R.D.A. 2-5.

1,b) WHITE, D.E. et al : Lithium contents of thermal and mineral waters. 58-60.

1,c) TOURTELOT, H. A. et al. : Lithium in clayey rocks of Pennsylvanian age, Western Pennsylvania. 128-37.

1,d) WHELAN, J. A. et al. : Lithium resources of Utah. 75-78.

1,e) BOHANNON, R. G. : The tectonic and sedimentologic environment of lithium occurrence in the Muddy Mountains, Nevada, 109-11.

1,f) COLLINS, A. G. : Lithium abundances in oilfield waters. 116-23.

1,g) KESLER, T. L. : Occurrence, development, and long-rauge outlook of lithium-pegmatite ore in the Carolinas 45-50.

1,h) HEINRICH, E. Wm. : A comparison of three major lithium pegmatites : Varuträsk, Bikita, and Bernic Lake. 50-4.

1, i) EVANS, R. K. : Lithium ores. 30-2.

1, j) VINE, J. D. : Nonpegmatite lithium resource potential. 54-4.

1,k) SMITH, G. I. : Origin of lithium and other components in the Searles Lake evaporites, Calif. 92-103.

1, l) BERTHOLD, C. E. et al. : Lithium recovery from geothermal fluids. 61-6.

1,m) STEINBERG, M. et al. : Preliminary design and analysis of a process for the extraction of lithium from seawater. 79-88.

1,n) ERICKSON, G. E et al : Lithium resources of salars in the Central Andes. 66-74.

1,o) WOOD, H. B. : U. S. lithium supply and demand and the problems involved in compiling statisties. 22-5.

1,p) RYKKEN, L. E. : Lithium production from Searles Valley. 33-4.

1,q) DAVIS, J. R. : The influence of drainage basin area upon the distribution of lithium in playa sediments. 105-9.

1,r) COOPER, J. F. et al. : Lithium requirements for electric vehicles using lithium-water-air batteries. 9-12.

1,s) CHILENSKAS, A. A et al. : Lithium requirement for high-energy Li-Al-Fe sulfide batteries for load-leveling and electric-vehicle application. 5-9.

1, t) KUNASZ, I. A. : Lithium resources-prospects for the future. 26-30.

2) VINE, J. D. (1975) : Lithium in sediments and brines. *Jul. Res. U.S.G.S.* **3**(4), 479-85.

3) 逸見, 草地 (1966) : 本州西部の温泉の Li 含量, 岡山大, 温研報, **36**, 15-21.

4) LEPESHKOVA I. P. et al. (1970) : Distribution of lithium in natural salts. *Geochem. Int.* **6**, 1064.

5) 寺島，石原 (1974)：東北日本を中心とする2，3地域の堆積岩，火山岩，変成岩類の Cu, Pb, Zn, Li, Na, K, Cl, F 等について，地調月報，11, 547-58.

6) RONOV, A. B. (1970) : Geochemistry of lithium in the sedimentary cycle. *Geochem. Int.* 1, 75-102.

7) SHAW, D. M. et al. (1977) : Lithium in spilite *Geochim. Cosmochim. Act.* 11, 1601-7.

8) GRUFFS, D. K. et al (1963) : Geothermal brine well : mile-deep drill hole tap ore-bearing magmatic water and rocks in undergoing metamorphism *Science, March* 8, 919-22.

9) MULLIGAN, R. (1973) : Lithium distribution in canadian granitoid rocks. *Can. J. E. Sci.* 2, 316-23.

0) 後藤隼次他 (1977)：中部地方領家帯花崗岩類の岩石，黒雲母及び角閃石中の Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cr, V, Li に就いて，地調月報，2, 103-13.

1) GUTKIN, E. S. (1971) : Geochemistry of lithium in bouxites of the North Ural basin. *Geochem. Int.* 1, 37-44.

2) KUNASZ, I. A. (1978) : Lithium. *Min. Eng. May* 534.

3) ANONYM (1974) : Lithium production fails to pace with growing markets *Ind. Mineral, July*, 37-44.

4) 桜井欽一他 (1677)：茨城県妙見山のリチウムペグマタイトの鉱物について，岩鉱1月，13-27.

5) STEIGER, R. (1977) : Prospecting for Li. and W. in Ireland in Prospecting in areas of glaciated Terrain 1977 (I.M.M.) 14-24.

6) DAVIS, J. F. (1958) : The Li. and Be. pegmatites of S. E. Manitoba *CIM. Bull. July* 420-6.

7) MATHER, W. B. (1954) : Lithium : N. E. Brazil is potential source. *Min. Mag. Spt.* 897-903.

8) GRAHAM, J. (1975) : Some notes on α-spodumene. *Am. Min.* 9-10, 919-23.

9) JAHNS, R. H. (1953) : The genesis of pegmatite, quantitative analysis of eithium bearing pegmatites, New Mexico *Am. Min.* 11-12, 1078-1112.

0) 長島引三他 (1975)：滋賀県大津市田の上山產新鉱物益富雲母，地学研究，10-12, 319-24.

1) ROSSOVSKIY L. N. et al. (1977) : The Kulam kunzite depositsin Afghanistan *Int. G. Rev. Dec.* 1429-32.

2) CLAFFY, E. W. (1953) : Composition, tenebrescence and luminescence of spodumene minerals. *Am. Min.* 11-12, 919-31.

3) NORTON, J. J. (1955) : Lithium resources of North America *U. S. G. S. Bull.* 1027-G 325-350.

4) ROSSOVSKIY, L. N. et al. (1976) : Genetic relationship of aphanitic spodumene dikes to lithium pegmatite veins *Dokl. E. Sci.* 226, 170-2.

5) DRYSDALE, D. J. (1975) : Hydrothermal synthesis of various spodumenes *Am. Min.* 1-2, 105-10.

6) NIKKALINEN, M. (1976) : The use of till in spodumen exploration. *Jul. Geochem Expl.* 3, 212-4.

7) REDEKER, I. H. (1977) : Flotation of feldspar, spodumene, quartz and mica from pegmatites in N. Carolina U.S.A. *Erzmetal, Dec.* 566-72.

8) ANONYM, (1977) : Lithium : U. S. chemical expansion insures supply. *Ind. Mineral. Nov.* 67-73.

9) ROY, R., et al. (1950) : Compositional and stability relationships among the Li-aluminosilicates : eucryptite, spodumene and petalite *Jul. Am, Cer. Soc.* 5, 152-9.

0) ROSSOVSKIY, L. N., et al. (1974) : Pseudomorphs of quartz and spodumene after petalite and their importance in the pegmatite forming process. *Dokl. E. Sci*, 216, 164-6.

1) 鵜飼，近藤 (1949)：岡山県美袋リチウムペグマタイトに就いて，鉱物と地質，昭24. 6，22-6.

2) GARSON, M. S. et al. (1975) : The geology of the tin belt in Peninsular Thailand *Overs. Mem.* No. 1 (Inst Geol Sci), 65-72.

3) LEBEDEVA, L. I. (1975) : The distribution of Li, Rb, Cs in acid volcanic rocks. *Geo-*

chem. Int. No. 2, 226-32.

34) ALEKSANDROV, I. V. (1977) : Geochemistry of Li, Rb and F in Granitoid process *Geochem. Int.*, No. 1, 1-13.

35) MCCULLOCH, H. W. (1965) : Prospecting and sampling of mineralized pegmatites. *So. Afr. Min. Eng. Jul, Oct.* 8, 2342-4.

36) HAAPALA, I. (1966) : Granitic pegmatites in the Peräseinäjoke, Fiul and *Bul. Com. Geol. Fin.* No. 224, 1-98.

37) 柴田秀賢 (1939) : 美濃国苗木地方の花崗岩類及びペグマタイト, 地質雑, 10月, 515.

38) UEBEL, P. J. (1977) : Internal structure of pegmatites, it's origin and nomenclature. *N. Jb. Min. Abh* **131**, Hft. 83-113.

39) SCHMAKIN, B. M. et al. (1975) : Some characteristics of composition and structural state of potash feldspars *Geochem. Int.* **6**, 22-8.

40) GORDIENKO, V. V (1971) : Characteristics of Li, Rb and Cs in potash felispar and muscovite as criteria for assessing the rare metal mineralization in granite pegmatite *Int. Geol. Rev.* No. 2, 134-42.

41) KULIKOV, I. V. et al. (1976) : Raremetal-rubellite-quartz-feldspar pegmatite veins and their importance in exploration *Int. Geol. Rev* No. 2, 205-8.

42) GORDIENKO, V. V. (1976) : Diagrams for prediction and evaluation of rare-metal mineralization in granitic pegmatite from variations in composition of potassie feldspars *Dokl, E. Sci*, **228**, 149-51.

43) CERNY, P. (1975) : Granitic pegmatites and their minerals : selected examples of recent progress. *Forts. Min. Spec. Iss.* **52**, 225-50.

44) KESLER, T. L. (1961) : Exploration of the Kings Mountain pegmatites *Min. Eng. Spt.* 1063-8.

45) ANONYM, (1961) : Leprechaun Mining begin large lithia development *E. M. J. Juns* 293-5.

46) TIKHOMIROVA, N. I. (1973) : Genesis of rare-metal pegmatite *Dokl. E, Sci.* **212**, 177-180.

47) ZASEDATELEV, A. M. (1974) : Possible accumulation of lithium in host rocks of lithium pegmatite veins during old sedimentation process, *Dokl. E. Sci.* **218**, 196-8.

48) ZASEDATELEV, A. M. (1977) : リチウム鉱化作用を持った稀有金属ペグマタイトの変成起源説の定量的モデル, *Dok. E, Sci.* **236**, 科文速, G 7803 1783.

49) TAUPITZ, C. (1978) : Die Erzführenden Pegmatite des Zambian Mobile Belt, *Erzmetal* No. 3, 133-7.

50) FLICK, L. J. (1960) : On the geology of the tin pegmatite at Kamativi, So. Rhodesia *Geol. Mijab.* No. 10, 444-57.

51) ROSSOVSKIY. L. N. (1977) : Distribution pattern of rare-metal pegmatites in the Hindu Kush (Afghanistan) *Int. Geol. Rev.* No. 5, 511-20.

52) HEINRICH, E. Wm. (1974) : Lithium deposits : their location and economic potential throughout the world *Min. Eng. Spt.* 52-4.

53) CAMERON, E. N. (1955) : Occurrence of mineral deposits in the pegmatites of the Karibib-Omaruru and Orange River areas of S. W. Africa *Min. Eng. Spt.* 867-74.

54) HEINRICH, E. Wm. (1964) : Tin-tautalum-lithium pegmatites of the São Joãs Del Rei district, Minas Gerais, Brazil *Econ. Geol.* No. 6, 982-1002.

55) HEINRICH, E. Wm et al. (1965) : The chief lithium pegmatite, Devils Hole, Colorado *Am. Min*, No. 1-2, 96-104.

56) Chang, Ju-Po (1974) : Preliminary study of a spodumene pegmatite in China *Geochimica* **3**, 191-5.

57) The Geomines Co (1967) : The geology of the Manono deposit. *in A technical conference on Tin* **II** (I. T. C.) 503-8.

58) JAHNS, R. H. (1951) : Geology, mining, and uses of strategic pegmatite. *Min. Eng. Jan.* 45-59.

59) MALADEVAN, T. M. (1968) : Some aspects of lithium mineralization in the Bihar Mica Belts *Indian Min*. No. 2, 80-7.
60) ROSSOVSKIY, L. N. et al. (1976) : South asian pegmatite belt *Dokl. E. Sci*. 229, 89-91.
61) ROSSOVSKIY, L. N. et al. (1976) : Vertical range and zoning of spodumene pegmatite deposits in Afghanistan *Dokl. E. Sci* 227, 85-7.
62) PAGE, L. R. (1953) : Pegmatite investigations 1942-45, Black Hills, So. Dokota U.S.G.S. P.P. 247, 1-228.
63) KESLER, T. S. (1978) : Raw lithium supplies. *Min. Eng. Mar*. 283-4.
64) ROWE, R. B. (1953) : Evaluation of pegmatitic mineral deposits *CIM. Bul. Nov*. 700-705.
65) HORNUNG, G (1962) : Wallrock composition as a guide to pegmatite mineralization *Econ. Geol*. No. 7, 1127-30.
66) NORTON, J. J. et al. (1956) : Methods used to determine grade and reserves of pegmatites *Min. Eng. Apr*. 401-14.
67) SYMONS R. (1961) : Operation at Bikita Minerals Ltd., So. Rhodesia. *Bul. Inst. Min. Met. Dec*. 129-72.
68) HOWE, A. C. A et al. (1967) : Geology and economic significance of the Bernic Lake pegmatite. *CIM Bul. Feb*. 207-12.
69) GADSBY, E. A. (1968) : New outlets for lithium *E. M. J. Apr*. 100.
70) IRION, G. (1972) : Lithium als Anreicherungsprodukte in zwei türkisehen Salzseen. *Naturwiss*. 10, 467.
71) MANOS, A. (1978) : Industrial minerals of Botswana *Ind. Mineral. July* 52-3.
72) WHITE, D. E. et al. (1963) : Data of geochemistry 6 th Ed. U.S.G.S.P.P. 440-F. P. F. 56.
73) 武内丈児 (1976) : 児核融合炉ブランケット用リチウムの問題, 新金属工業, 21(8), 177-90.
74) 工技院長 (1976) : リチウムの回収方法, 公開特許公報, 51-74998.
75) 小野寺清兵衛 (1977) : 大岳生産井の蒸気熱水噴出量の経年変動と還元の影響, 日鉱会誌, 3月, 177-84.
76) BARGEV, K. E. et al. (1973) : Present day deposition of lepidolite from thermal waters in Yellowstone National Park *Am. Min*. No. 9-10, 901-4.
77) RYAN, J. E. (1951) : Industrial salts production at Searles Lake *Min. Eng. May* 447-52.
78) NORTON. J. J (1973) : Lithium *in U. S. Mineral Resources*, U.S.S.S.P.P. 820, 365-78.
79) 大町北一郎 (1976) : リチウム資源について, 新金属工業, 10月, 236.
80) 近藤忠三 (1943) : 朝鮮の鉱業, 東都書籍, 190 p.
81) 木下亀城 (1961) : 日本地方鉱床誌, 9, 朝倉書店, 371 p.
82) 北岸, 平尾 (1975) : リチウムとその用途, 新金属工業, 10月, 263-271.
83) FLOW, R. C (1962) : Mode of mining at Kings Mountain *Min. Eng. Oct*. No. 45-8.
84) 工業レアメタル (1978) : リチウム, No. 66, 98-9.
85) MATROSOV, I. I. (1978) : The banded structure of the rare-metal pegmatites *Int. Geol. Rev. Feb*. 177-86.
86) JAHNS R. H. (1955) : The study of pegmatites *Econ. geol. 50 th Ann. Vol*. 1025-1130.

(1979年4月4日受理)

地学雑誌 88, 4 (1979)

地学からの資源論

茂木　睦*

Mineral Economics
—— A Review on its Geoscientific Base ——

by Mutsumi MOTEGI*

Geoscientific papers on the Mineral Economics are reviewed and presented following 3 categories mentioned hereunder:

1) Geochemical study and discussion on the resources; mainly based on the abundance of the elements in the earth-crust.
2) Geographical study on mineral production and reserve or resources such as area-mineral production relation and mineral production per square kilometer.
3) Geostatistic study forecasting cut-off grade, reserve, resource as well as future technical innovation.

Limited number of geoscientific papers on the mineral economics lead the author to stress that more geoscientific contributions are needed to develop new horizon of geoscience as well as to forecast the mineral industries in the future.

I. はじめに

地学の文明に対する寄与は，資源・環境・および安全の３つの分野にまとめる事ができるであろう。このうち資源は，いうまでもなくエネルギー・鉱物等の地下資源の探査・開発による寄与であり，環境はその維持や改造に，また安全とは地震・噴火・地辷り等の予知や予防に関することであり，それぞれにおいて地学が重要な寄与をする余地が大きいとみられる。

しかし，資源問題として現在議論されている内容は，多くの場合“資源の安定供給を確保するための問題”であり，そのような“資源論”が主として国際経済学の立場から議論されている。

元来，資源問題は本質的に量の問題と配分の問題という二面性をもっており，常に両面からのアプローチと解析が必要であるにもかかわらず，従来ともすれば配分の問題だけが国際経済学者によってとりあげられ，量の問題が地学者によって議論される事は少なかったという傾向がある。

一方，安定供給をめぐる最近の考え方として，世界の資源供給力を増加させれば日本への供給も保証されるであろうという考え方がでてきている。これは供給量をふやすことにより，原材料の量によってシステムの大きさがコントロールされるのを防ごうという発想であり，資源問題において地学が大きく寄与する事を期待する議論につながるものともいえよう。しかし探査を通じて世界の資源供給力を増強するという形でしか，地学は資源問題にかかわる事ができないのであろうか。本論では，地学の寄与する余地は必らずしも探査ばかりではないという事例を述べ，資源問題における地学のフレームワークを考えるための資料としたい。この分野には地学の新しい地平が秘められている可能性があるのではなかろうか。

なお，地下資源は文字通り土着のものであり，

* 金属鉱業事業団資料センター
Mineral Resources Center, Metal Mining Agency of Japan
現在　三井金属鉱業

従って資源問題とか資源論は常に国家の枠組みを考慮して議論されざるを得ないので，必然的に interdisciplinary な性格を有している。

II 地殻の金属含有量からの検討——地球化学的アプローチ——

金属鉱物資源が，地殻の中で異常に特定鉱物または化学成分が濃集している岩石——鉱床——である以上，その資源量は地殻中の元素の平均含有率と何等かの関係がある筈である事は充分に理解できる事であるが，このテーマについての研究は比較的最近の事である。

最初 Mc KELVEY (1960) が地殻中の元素含有率 PPM (A) と米国内の鉱量 (R) について $R=A\times10^{9}\sim10^{10}$ というリニアーな関係がある事を見出し，次いで同様な関係が関根 (1962) により日本においても $R=A\times10^{8}\sim10^{9}$ として成り立っている事が認められた[1]。

このアプローチは，その後 GOVETT and GOVETT (1972) によって世界的にみても成り立っている事が証明された。それによると；

埋蔵鉱量 (t) $=6.8\,A\times10^{5}\sim A\times10^{7}$

という式で示されるという。

GOVETT夫妻のこの研究は，16種の元素について検討しているが，そのうち Al, V, Co の3種は第1図に示すように上記の数式の範囲から下方にはずれている。これについて Govet 夫妻は，Al は低品位の粘土が鉱石と見放されていないために鉱量が低く見込まれているせいであり，むしろ技術が未発達である事を示しているものであろうとしている。また，V と Co については副産物として回収されている金属である事と関係があるのではないかと考えている。

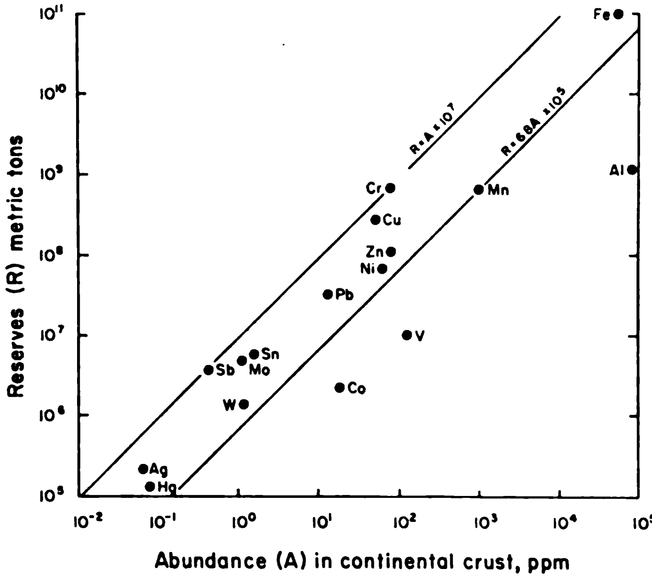
このように大陸地殻中の金属含有量と埋蔵鉱量との間には，かなり美事なリニアーな関係が見出されている。

なお図で明らかなとうり，Pb, Mo, Ag, Zn 等探査の歴史が古い金属は，上記の数式の示す範囲の上限に近い所まで鉱量が発見されている。ERICKSON (1973) は米国においてはこれら歴史の古い鉱種について

$R=2.45\,A\times10^{6}$

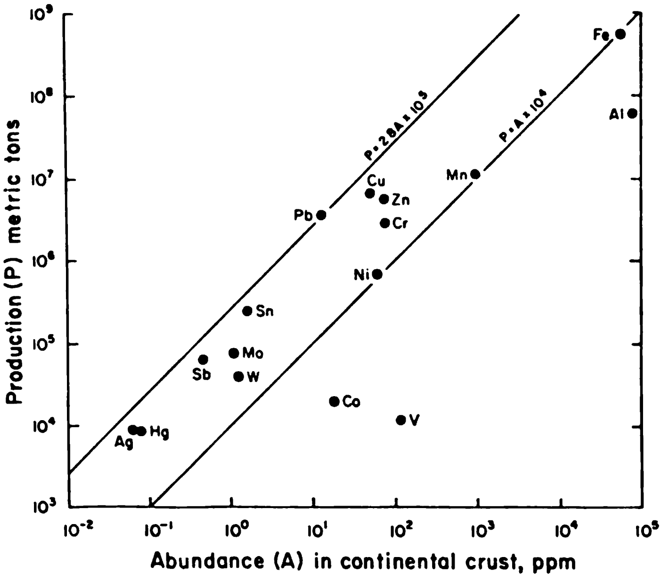
という式を導き出している。

また関根 (1962) は米国における埋蔵鉱量と日本の埋蔵鉱量を面積比で検討し，日本が鉱物資源賦存可能度が高いとし，また世界と米国，日本のそれぞれについて単位面積当りの平均埋蔵金属量を計算して日本が鉱物資源の高い賦存可能度を有するとみている。最終的に関根は日本における賦存可能度限界として max. $R=A\times10^{9.5}$ としてい

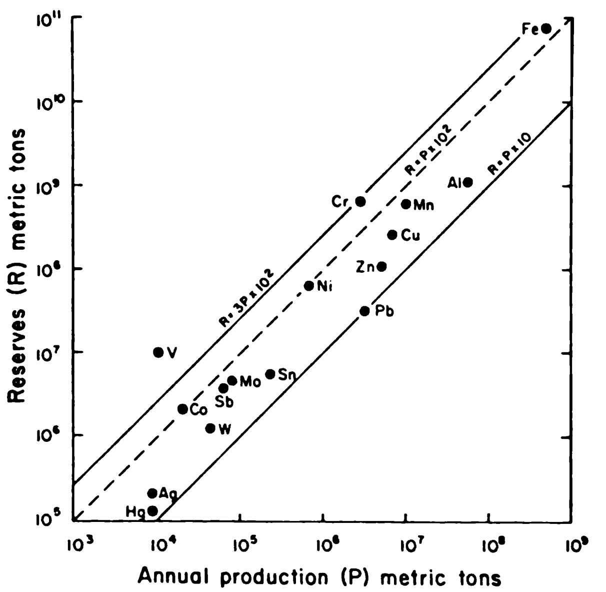


第1図 大陸地殻中の元素含有量と世界の埋蔵量との関係 (GOVETT & GOVETT ed., 1976)

1) この関根論文は日本で発表された翌年に英訳されて International Geology Review 誌. 5, 505–515 に掲載されているため，GOVETT & GOVETT (1976) などでは SEKINE (1963) として引用されている。



第２図　大陸地殻中の元素含有量と世界の生産量との関係
(GOVETT & GOVETT ed., 1976)



第３図　世界の埋蔵量と世界の年産量との関係
(GOVETT & GOVETT ed. 1976)

る（原著ではRの代りにVを使っている）。一方，GOVETT & GOVETT (1976)は未発見の資源を含めても資源の量は

$$R=A\times10^7$$

が現時点においては究極の量であろうとしている。

また立見 (1979) は一定地域内の地殻中に存在する特定元素の全量と，その地域内で鉱床として濃集している元素の量を比較して"鉱化度"を算出し，これを各地について検討して

総鉱床量$=4.8A\times10^6$ ないし$3.2A\times10^7$ としている。

次に地殻中の金属含有率 (PPM) と世界の金属年産量も，GOVETT and GOVETT (1976)によって第２図のようにまとめられており，

$$P=A\times10^4\sim2.8A\times10^5$$

という数式の範囲に殆んどの金属が含まれている。この中で，Co V, Alは地殻中の存在量に比し，生産量（≒利用量）が少ない事がわかる。一方，Pbをはじめ Cu, Sn, Sb, Ag, のように歴史の古い金属が，ほぼ上限を示しているものと考えらろれ。すなわち，天然にある金属元素を利用するために多くの努力を積み重ね，その結果として利用している量が存在量に比例するところまで技術を高め得たという事を示すものであろう。

また，Co, V. Al については前述のとうり，回収技術の問題があり範囲をはずれているが，範囲内の下限近くにある Ni, Mn, Fe についても珪酸塩鉱物や低品位鉱の利用技術について努力の余地がある事を示すと思われる。

以上地殻の元素含有率が埋蔵鉱量および生産量と比例関係がある事をみてきたが，当然の帰結と

して埋蔵鉱量（R）と生産量（P）の間にも同様な関係が認められる。すなわち，両者の関係は：

$$R = P \times 10 \sim 3P \times 10^2$$

と示されるが，南アフリカとローデシアに膨大な鉱量が捕捉されているクロームを例外として除けば Fig. 3のように

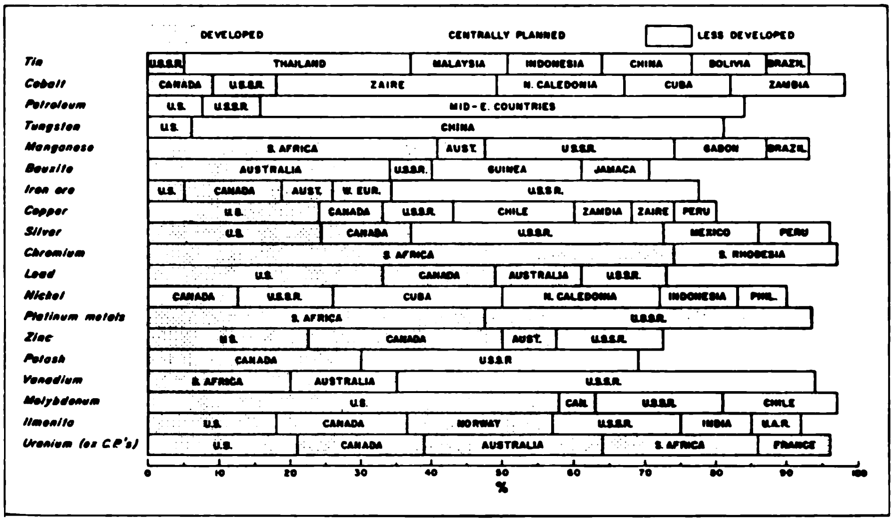
$$R = P \times 10 \sim P \times 10^2$$

の範囲に収まる。この事は，各金属のライフは10年ないし100年という事であり，換言すれば生産量は埋蔵量の 1/10 ないし 1/100 であるという事である。

ここでいわゆる“鉱量”の問題に触れざるを得ない事になるが自由世界においては，探鉱作業は一般に民間企業が実施しているため，鉱量の捕捉にも経済性が関係してくる。即ち，20年ぶんとか30年ぶんとかの鉱量は，20年先または30年先に採掘されて初めて利益を生み出すものであり，これは20年の無利息据置期間つきの預金をしているのと等しい事になる。したがって何10年先きの鉱量を探鉱するのは企業にとって経済的に引き合わない事である。したがって上述の，各金属のライフが10年ないし 100 年しかないという事は，このような背景もあわせて考えなければならない事なのである。

第１表　生産量上位５カ国(カッコ内は累計百分比)

鉱種名	1	2	3	4	5	備考
Bauxite	オーストラリア (25.6)	ジャマイカ (45.2)	スリナム (53.3)	ギニア (62.7)	ソ連 (68.2)	
Chromium	ソ連 (27.1)	南アフリカ (53.2)	アルバニア (62.4)	ローデシア (70.6)	フィリピン (78.0)	トルコ (84.8)
Cobalt	ザイール (69.2)	ザンビア (77.1)	ソ連 (84.0)	ノルウェー (87.9)	カナダ (91.5)	フランス (95.4)
Copper	米国 (19.7)	チリ (32.0)	カナダ (43.4)	ソ連 (53.5)	ザンビア (63.2)	
Gold	南アフリカ (61.2)	ソ連 (79.7)	カナダ (84.0)	米国 (86.8)	ガーナ (88.8)	
Manganese	ソ連 (37.2)	南アフリカ (55.4)	ガボン (65.2)	ブラジル (73.5)	オーストラリア (80.7)	
Mercury	スペイン (22.9)	ソ連 (43.7)	中国 (53.4)	イタリー (62.9)	メキシコ (71.0)	
Molybdenum	米国 (59.6)	カナダ (75.2)	チリ (86.6)	ソ連 (96.9)	中国 (98.7)	
Nickel	カナダ (36.1)	ニューカレドニア (53.6)	ソ連 (69.9)	オーストラリア (75.4)	キューバ (79.5)	ドミニカ (83.5)
Tin	マレーシア (29.5)	ボリビア (42.3)	ソ連 (55.3)	インドネシア (66.1)	タイ (75.0)	中国 (83.6)
Titanium Ilmeniteのみ)	ノルウェー (29.6)	オーストラリア (58.6)	米国 (82.2)	マレーシア (88.7)	フインランド (94.2)	
Tungsten	中国 (22.7)	ソ連 (43.1)	米国 (52.1)	韓国 (58.4)	朝鮮 (64.0)	ボリビア (69.6)
Vanadium	南アフリカ (41.8)	米国 (63.9)	ソ連 (83.3)	フインランド (90.4)	南西アフリカ (94.6)	
Zinc	カナダ (20.0)	ソ連 (31.7)	オーストラリア (39.6)	米国 (48.5)	ペルー (54.2)	



第4図 世界の埋蔵量の5％以上をもっている国による資源占有の分布図 (GOVETT & GOVETT, 197―

III. 国別の生産量にかかわる問題――地理学的アプローチ――

(1) 偏在性について

金属鉱物資源の生産量・埋蔵鉱量ともにその分布はかなり不均一であって，特定の地域や特定の国が生産量・埋蔵量のかなりの部分を占めている例がしばしばみられる。

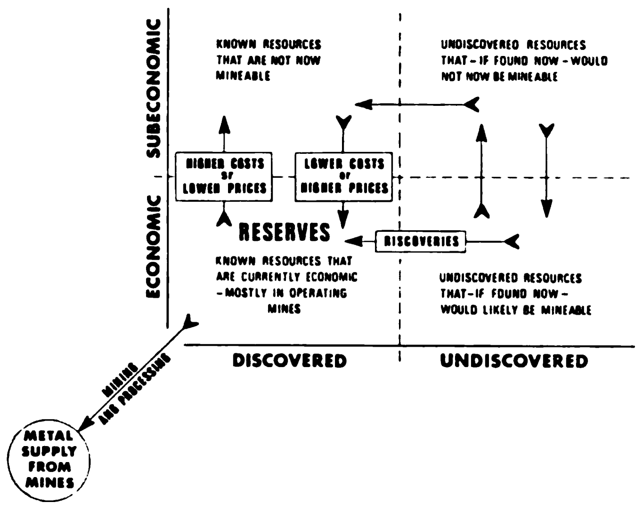
たとえばマレーシア・タイ・インドネシアの3国で世界の錫生産量の約49%を占めていたり，コバルトの約69%をザィールが占め，ザンビアを含めると77%をこの2カ国が生産しているなどがその例である。第1表にこのような例をあげてみる(1974年の Minerals Year Book から生産量から上位5カ国をとり累計生産量の対世界百分比を記入した)

一方埋蔵量をみると，クロムの96%が南アフリカとローデシアに分布していたり，タングステンの75%が中国に埋蔵されていたりという極端な例さえある。

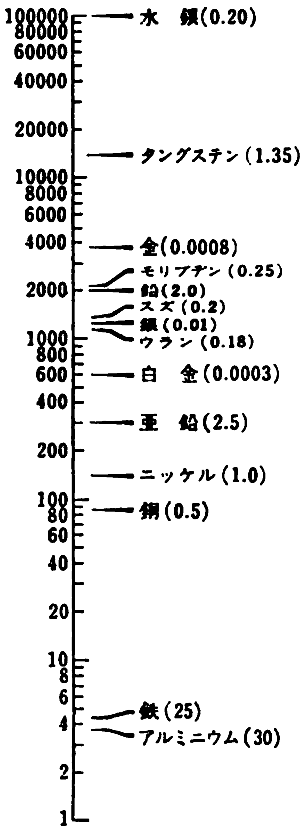
第4図にいくつかの例を示す。

これらによってわかる事は，第一にどの鉱種をとってみても，世界生産量の何%かを生産している国の数は限られており，上位5カ国の生産量を合計すると世界生産量の70%程度を占めるのが稀れではない。そして，米国，カナダ，オーストラリア，ソ連，南アフリカの5カ国はいくつもの鉱種において重要な位置を占めている。

第二にコバルト，金，マンガン，モリブデン，ヴァナジウムなどのように，ひとつの国が40%ないし60%という高い寄与率を示している鉱種



第5図 資源の段階から金属の供給に到るまで (MCINTOSH and CRANSTONE, 1977)



第6図　カッコの中は最低稼行品位，左側は濃縮率。すなわち利潤をもって採掘するには地殻中の平均含有率の何倍に濃縮されねばならないかを示す。(SKINNER 1969，松尾訳より)

がある反面，銅や銀・鉛・亜鉛のように10%程度の寄与率を示す国が数カ国あるというような鉱種もある。

これらの差は各鉱種（元素）の地球化学的性質の差を示しているものと考えられる。一方，極端な偏在を示す元素についてはその偏在性について地学からの説明がなされなければなるまい。

(2) 国土面積と生産量の関係

埋蔵金属量を算出するには，鉱量と品位が判明していなければならないが，いったい地殻中の元素含有率が何倍になれば鉱床となりうるか，何倍に濃縮（集）したものが鉱床なのかという問題がある。ここでは鉱量の計算法や賦存の確からしさによる鉱量の分類などにわたる事は避けて，“鉱床の現在の限界品位÷地殻中の元素含有率”を濃集率としその例をあげるにとどめる。

鉱床とは採掘して利益をあげられるという事が一般的に定義に含まれており，従って，金属価格が上昇すれば低品位でも鉱床となるし，操業のいずれかの段階でコストを下げる事ができれば，同様に低品位鉱でも引き合うようになるので鉱量が増加する事になる。本稿ではこの議論に立ち入る事を避けこの関係を図示（第5図）するにとどめることにする。

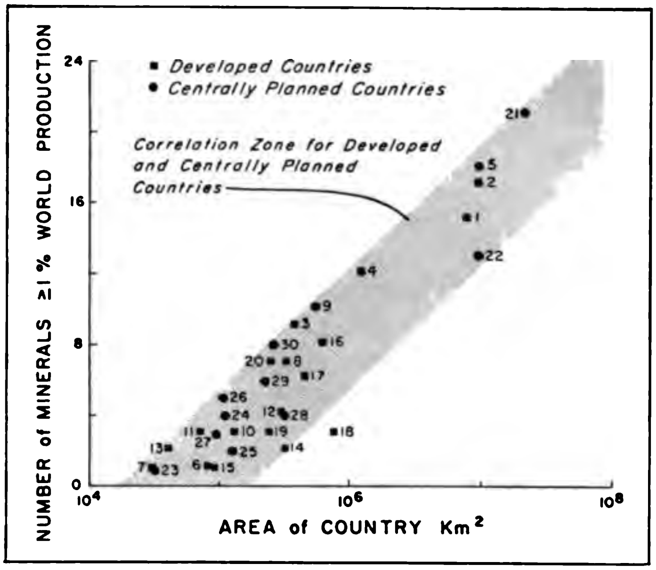
Fig. 6に示すように，各金属元素が鉱床を形成するための濃集率は，鉄やアルミニウムのような数倍から錫や鉛やクロームのように何千倍に濃集しなければ鉱床として稼行できないものまである。もし，この濃集率が各鉱種とも一定ならば当然地殻中の含有率と埋蔵量の関係は直線的になる筈である。このテーマについては既に，地殻中の含有率の多少と埋蔵量・生産量の大小がかなり良く対応している事をみてきた。

これらから国土面積の大きい国は地下資源生産量が大きいのではないか，という考えが出てくる。このテーマについては Mc KELVEY(1960)，関根(1962)，ERICKSON(1973)が単位面積当りの資源の量を議論しており，その延長上で GOVETT AND GOVETT (1977) が次に紹介するような美事な整理をしている。

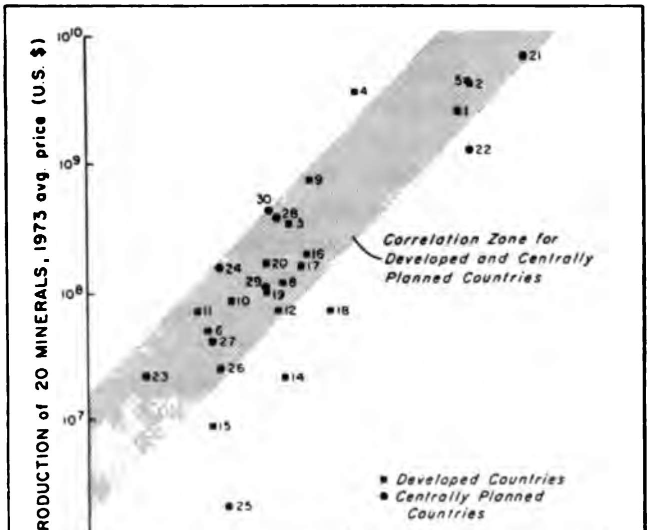
一方，これらの研究が鉱物資源の埋蔵量がそれぞれの元素の地殻存在度（A）に比例するという経験則から，世界の鉱物資源量を推定しているのに対し，立見（1979）は“鉱化度”を考え，次に一定質量の地殻内で鉱床中に濃集している金属量を算出し，その中で総鉱床量がAに比例する事を論証している。

GOVETT 夫妻は，横軸に国土面積をとり，縦軸に世界生産量の1%以上を占める鉱物資源の数（種類）をとって各国別にプロットした。

第7図には，先進国と社会主義国がプロットしてある。これらのうち，アルバニア(23)，ベルギー (7)，オランダ (13)，アイルランド (11)，



第７図　工業国及び計画経済諸国の国土面積とそれぞれの国において世界生産量の１％以上を生産している鉱物の数との関係 (GOVETT & GOVETT, 1977)



第８図　工業国と計画経済諸国の国土面積と鉱産額の関係。(世界の生産の１％以上を占める鉱種のみを用いた (GOVETT & GOVETT, 1977)

東独 (26), 西独 (20), ユー スラビア (30), 日本 (3), ランス (9), 南アフリカ (4) 米国 (5), ソ連 (21) などは ぼ上限近くに直線上に並んで る。この事は, 技術の発達が っても特定地域での鉱物資源 発には限度がある事を示して るものであろう。また, 比較 下方にある中国 (22) やトル (18) などは探査が立ち遅れて るために下位にあるものと考 られる。

次に同様な関係を国土面積 鉱産物価格についてみる 第８図のようになっており 第７図とほとんど同じ傾向が められる。但し, 第７図で 探査が遅れており開発余地が きいと見られた中国 (22) と ルコ (18) は鉱産額において 下位にあるが, ポルトガル(1 ノルウェー(14), チエコスロ キア (25) も鉱産額でみる さらに開発余地や増産余地が るのではないかと見られる。

参考までに開発途上国について, 国土面積と世界生産額の１%以上を占める鉱産物の種類をプロットした第９図 (GOVETT & GOVETT (1977) をみるといずれも先進国にくらべて探査開発の余地がかなり残されている事がわかる。

これらから推察できるように国ごとの不均等な鉱産分布は, 一義的には勿論地史的プロセスによって形成されたものであるが, 政治的・経済的要因も同じくらいの重要性をもっている。

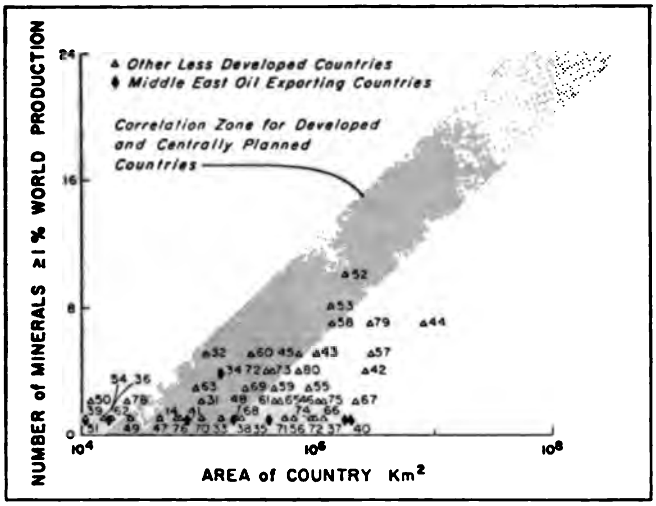
例えば, 探鉱作業が大規模に

ιるとか，助成金があると
うに労働問題の有無，運搬
不便などがすべて生産量の
関係してくる。

人口の推移や経済，技術
も深く鉱物資源の生産量の
関与している。

をまとめると，ほとんどの
いて地下資源の開発生産は
経済・技術的要因の変動や
より向上させる事ができる
土面積および地質的条件に
条的な制約をうけていると
う。

こ，このような開発努力の
量がどのくらいであるかに
検討してみる。



第9図　途上国の国土面積と世界の生産量の1％以上を占める鉱産物の数 (GOVETT & GOVETT, 1977)

第 2 表

国　名	面　積 (1000KM²)	鉱物生産額 (百万ドル．73年)	KM² 当り 鉱物生産額 (1973年 $)	1人当り GNP (1978年　$)
人民共和国	9,597	7,855	818.5	—
ド	3,149	1,013	321.7	135
ド	378	716	1,894.2	4,327
リピン	300	405	1,350.0	333
ストラリア	7,687	2,747	357.3	6,311
ジェリア	2,382	2,257	947.5	—
フリカ	1,221	4,104	3,361.2	1,136
ール	2,345	866	369.3	—
ビア	753	1,036	1,375.8	460
コスロバキア	128	737	5,757.8	—
ンス	547	1,379	2,521.0	6,680
イン	505	482	954.5	2,663
ーデン	450	391	868.9	8,045
ゴスラビア	256	598	2,335.9	—
連	22,402	28,088	1,253.8	—
ダ	9,976	7,099	711.4	7,557
シコ	1,973	1,456	738.0	1,270
国	9.363	29.877	3,190.9	7,803
ゼンチン	2,767	710	256.6	1,860
ジル	8,512	926	108.8	1,368
リ	757	1,303	1,721.3	950
ー	1,285	788	613.2	835

(3) 単位面積当りの鉱物生産額

次の表は，外務省情報文化局編の世界の国一覧表1979年版と米国鉱山局編の Minerals Year Book (1974) から産油国を除いて作成したものである。

この中で1平方キロメートル当りの鉱物生産高が500ドル (1973年ドル) に満たない国がインド，オーストラリア，アルゼンチン，ブラジル，ザイールの5カ国であり，500ドルないし1000ドルの国は中国，アルジェリア，スペイン，スエーデン，カナダ，メキシコ，ペルーの7カ国である。次いで1000ドル～1500ドルのランクには，フィリピン，ザンビア，ソ連，1500ドル～2000ドルには日本とチリーの2カ国，2000ドル～2500ドルはユーゴスラビア，2500～3000ドルはフランスのそれぞれ1カ国であり，3000ドル～3500ドルのランクには米国と南アフリカ連邦が入っている。

このランキングは地質条件を全く無視したものであるが，1平方キロメートル当りの鉱物生産額が1000ドル以下の国国は，鉱山地質技師が未来の鉱産国として感性的に有望視している国とかなり良く一致している。

この事は1平方キロメートル当りの鉱物生産額は，日本 (1,894＄) やフランス (2,521＄) 程度までは努力の余地がありそうだという事を示しているとも考えられ，事実，1,350ドルのフィリピン，1,375ドルのザンビアなどはこれ等の国の地質を検討すれば誰でもがもっと開発余地があると認める国国であろう。

この事は不均等な鉱産分布も，全体としてみればかなりの程度まで経済技術の要因によって規定されている事を示している

IV. 地学周辺の分野からの資源論――主に統計資料によるアプローチ――

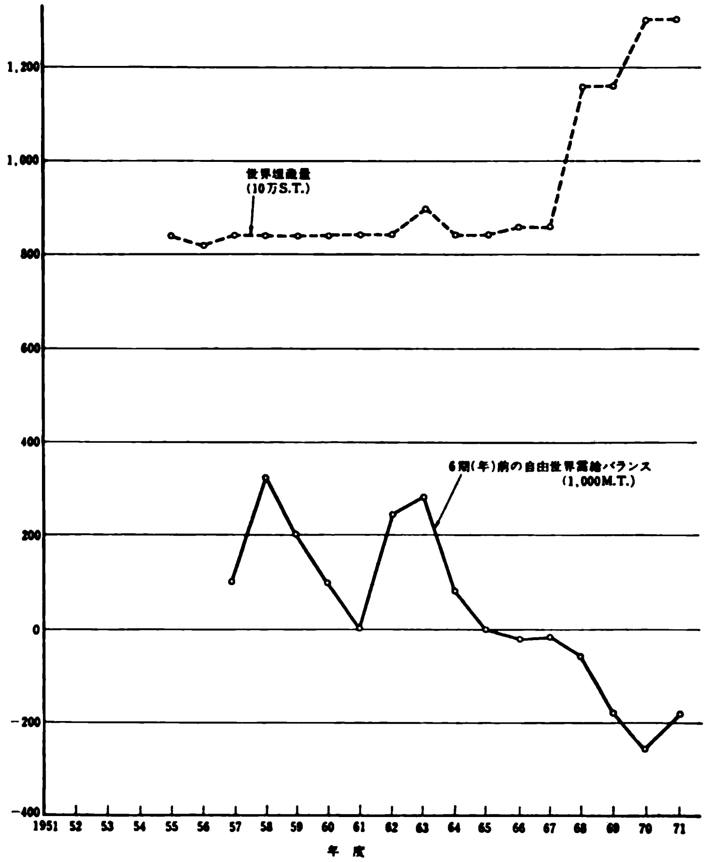
(1) 需給バランス及び価格の変動と鉱量の関係

前項の議論につながる議論として新島 (1973) の図をあげておく。これは，需給がタイトになれば6年後に鉱量が増加し，価格が上昇すれば4年後に鉱量が増加する事を示している。このように鉱量は，多くの場合技術と経済によって左右されるものである。

(2) 資源は不足するのか

既にのべてきたように，資源問題の大半は平和と自由な流通が保証される限り技術の問題に還元できる。

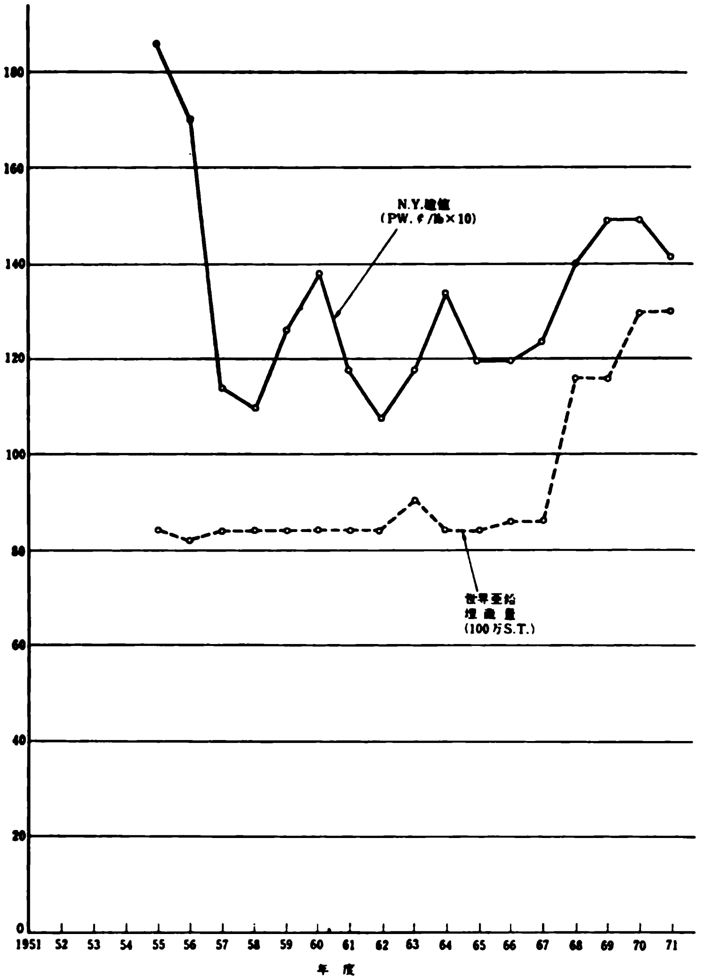
第12図に亜鉛を例として示すように，世界の生産



第10図　6期 (年) 前の自由世界亜鉛需給バランスと世界亜鉛埋蔵量 (逆相関－0.774) (新島，1973)

量が増加しているにもかかわらず，ライフ（鉱量÷年生産量）がほぼ20年を維持しているのは，まさに技術の発達によるものであり，具体的には土木技術発達に支えられた低品位鉱の採掘に負う所が大きい。第13図には銅鉱石の採掘品位の推移を示した。

したがって，供給の不安要因としては，主要産出国における政治的不安定と主要鉱山の採掘終了による供給減などが考えられるだけである。後者は探鉱が民間企業にゆだねられている事，発見から生産開始までのタイムラグが大きい事などが影響して直ちに別の鉱山にスイッチする事ができない場合があるためである。



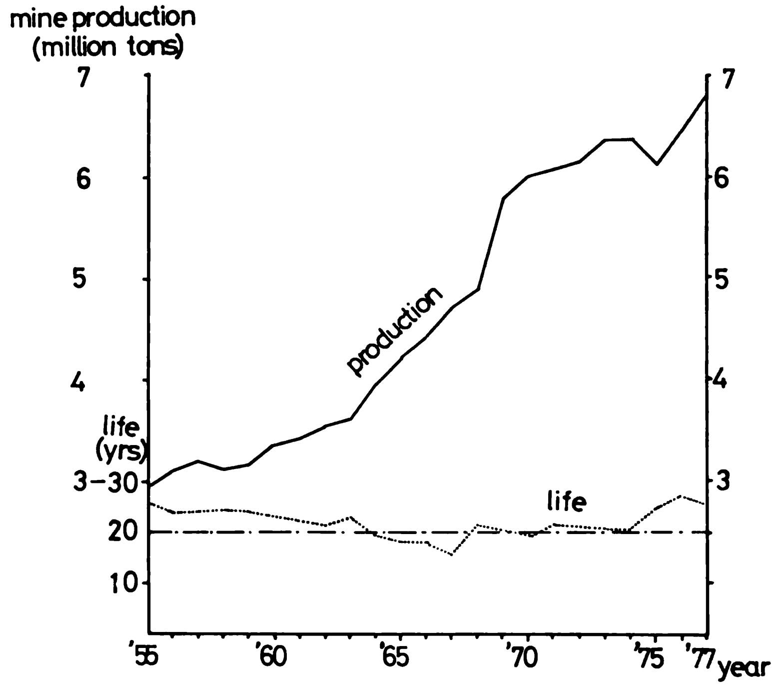
第11図　4期（年）前のN. Y. 亜鉛建値と亜鉛世界埋蔵量（正相関0.784），（新島，1973）

ただしこの議論には次のようなおとし穴がある。すなわち資源量については採掘品位を下げれば常に鉱量が増加すると考えて良いかどうか検討が必要である。品位を下げる事によって単純に鉱量が増えるならば，技術の発展によって鉱物資源の供給は保証されるという事になる。

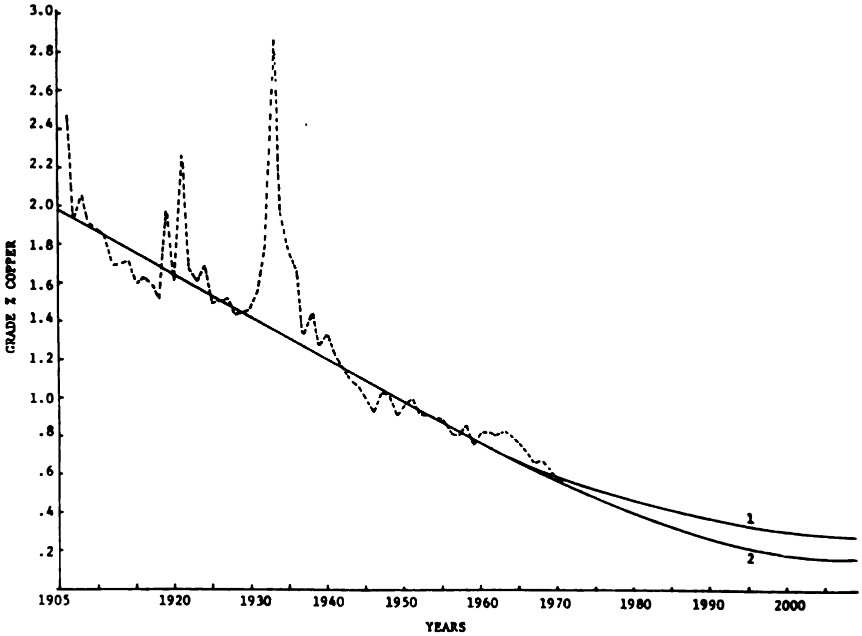
立見（1979）は岩石・鉱床それ自身の持っている性質として，鉄の場合には超塩基性岩（Fe 9%）と富化されていない縞状鉄鉱（Fe 20%～30%）の間に鉱床の限界品位があると考えており，銅の場合には0.1%ないし0.03%の間に限界品位があると考えている。また限界品位に関連してROSEほか(1976)はSKINNER(1976)の図を引用して地化学的に豊富な鉄・チタン・アルミニウムのような元素は品位が下れば鉱量が増加するが，第13図に示したように銅・鉛・亜鉛・水銀などの地化学的に稀少な元素は品位を下げても鉱量はかえって減少するか抽出に多大のコストがかかる事をのべている。

したがってこの地化学的に稀な元素の場合には技術の発達により低品位鉱を採掘できるようになっても，該当する鉱量が少ないという事になり，技術の進歩が資源量の増大をもたらさないという事になる。

これに関連するが，立見（1979）の総鉱物資源量の見積りは，究極的にどれだけの量の鉱物資源が利用可能であるかを追求しているものであるが，その中で銅・亜鉛などは現在推算されている



第12図 世界の鉱山からの亜鉛生産量(含有金属量)と寿命 (埋蔵量÷年生産量) (data from U. S. Bureau of Mines Publications)



第13図 米国における銅鉱石品位の推移

量は限界量にごく近いと見做さなければないかもしれないとのべている。

ひとつの問題，例えば低品位鉱の大量処理る エネルギーコストは第14図に 示したよ位が低下するに従って急激に増加する。従ネルギー尺度で経済を考えた場合，在来技いてスケールメリットを追う方式は既に限づいており，革命的な技術の開発が前提とければ今後の低品位鉱の処理は経済的に成ない。然し果して限り無い技術革新などあものであろうか。

V. 結　び

レビューしてきた諸研究は，地球化学的アチともいうべき地殻中の平均元素含有量をして生産量や埋蔵量を検討したものと，地アプローチともいうべき国土面積を基礎と国の生産量を検討したもの，及び主に統計によるものとに3大別できる。

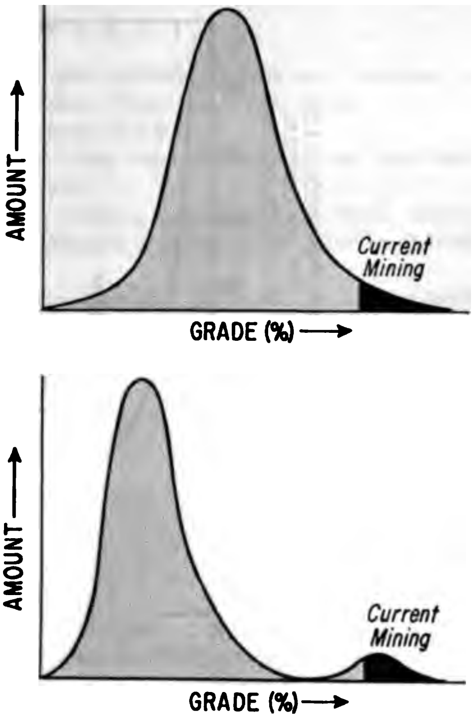
ような研究が比較的最近になって始まり，広い分野の研究者をまき込んで行なわれて由は，資源論の学際的性格に起因し，各分究者がそれぞれの立場から contribute でいう資源論または資源問題の普遍性がその由と見られる。また，鉱物資源の供給可能いての悲観的な予測が多い事もこの種の研かんにしている理由であろう。

の供給可能量についての悲観的な立場の議『鉱物が地球から採取・抽出されるに従っりの鉱物を採取・抽出するのは漸次困難により多くの資材・エネルギーを必要とするなる』という考えに立つものである。

については，前述の新島 (1973) のようにテクノロジーの開発によって問題を解決でいう考え方があった。

，このようなテクノロジーに希望を託す考，化石燃料のように供給可能量の有限性がりしている鉱種から漸次否定されてきてお これにからんで第16図のようなショッキンも提出されている。

で SKINNER (1976) によって前述のように位を下げても供給可能量は増加しないので

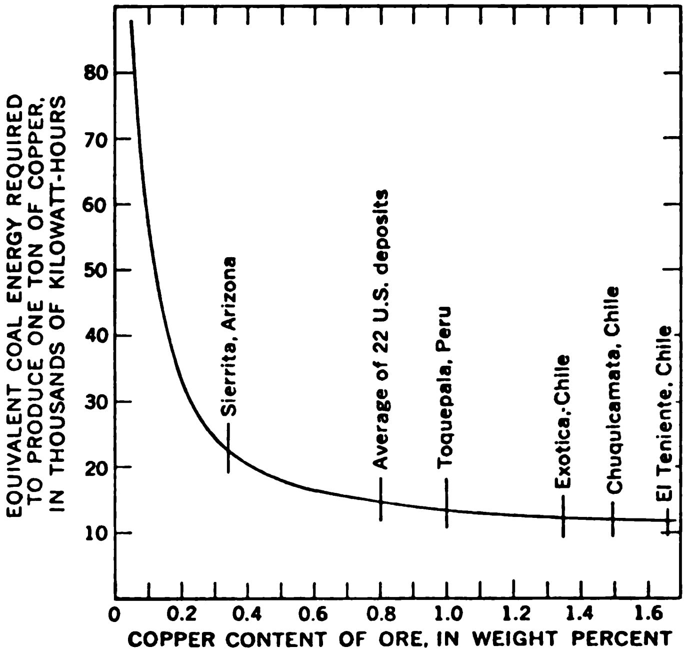


第14図　地殻中の元素含有量の２つの型
上図：鉄，アルミニウム，チタンなど地化学的に豊富な金属
下図：品位が下ると鉱量が少くなり，または金属を抽出するコストが極めて高くなる例で，地化学的に少量の金属，銅，鉛，亜鉛，水銀などはこのパターンを示すとみられる。(SKINNER 1976, requoted from ROSE et al, 1976)

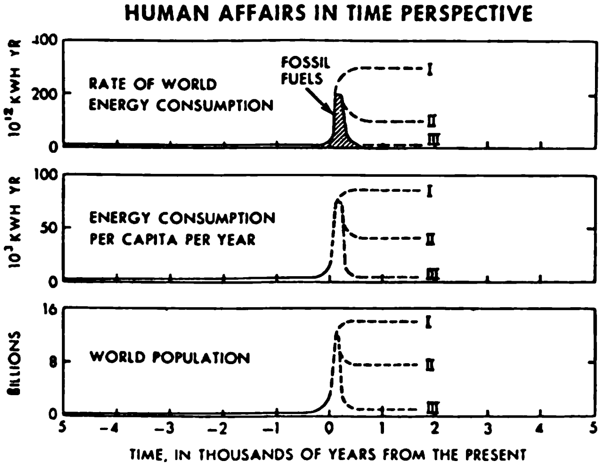
はないかという疑問が提出され，テクノロジーの進歩が資源の供給可能量を増加させてくれるであろうという 希望を もつ事が できなくなり つつある。この SKINNER (1976) の提出した問題点については，彼自身がのべているように充分なチェックが必要であろう。

また，資源及び資源論を従来の鉱種別の枠組みから，物性や機能別の枠組みにくみかえて，代替可能ないくつかの鉱種を，所要エネルギーを基準として比較する事が重要ではないかと思われる。

最後に『地史の中には過去ばかりでなく，現在も未来もあるという事を認識して，ライエルやダーウィンの長期的な視点に立ち戻れば，地球の歴



第15図 硫化銅鉱の品位の変化と銅地金 1t を生産するに必要なエネルギー量 (from PAGE and CREASEY, 1975)



第16図 世界のエネルギー消費量，1人当りのエネルギー消費量及び人口の推移。横軸の単位は1000年。(HUBBERT 1977)

史，進化・絶滅，資源などについての深い知識を内蔵する地質学が再び知的リーダーシップのひとつとなるであろう』という HUBBERT M. K. (1977) の言葉を引用しておきたい。

なお，本稿をまとめるに当り，立見辰雄先生には未刊行の論文を引用する許可をいただきました。また，金属鉱業事業団資料センターの皆様，とくに大迫次郎氏には，資料の蒐収，解釈などについて，議論していただき，また御手伝いしていただきました。以上の方々に厚く御礼申しあげます。

引用文献

:RICKSON (1973) : Crustal abundance of elements, and mineral reserves and resources. in "United States Mineral Resources, *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 820, 21-26.

ト務省情報文化局編：世界の国一覧表1979年版；(財) 世界の動き社刊.

;OVETT, G. J. S. and GOVETT, M. H., (1972) : Mineral resource supplies and the limits of economic growth, *Earth Sci. Review*, 8, 275-290.

;OVETT, G. J. S. and GOVETT, M. H., (1976) : Defining and measuring world mineral supplies: in GOVETT and GOVETT ed. World Mineral Supplies, 13-36, Elsevier Publish. Co.

;OVETT, G. J. S. and GOVETT, M. H. (1977) : The inequality of the distribution of world mineral supplies, *CIM Bull. Aug. 1977*, **70**(784), 59-71.

IUBBERT, M. K. (1977) : Role of geology in transition to a mature industrial society; *Geologische Rundschau*. **66**, Heft 3, 654-678.

ICINTOSH, J. A. and CRANSTONE, D. A. (1977) : Canadian Reserves of Copper, Nickel, Lead, Zinc, Molybdenum, Silver and Gold as of January 1, 1976, *Mineral Bulletin*, MR 174, Dept. Energy Mines and Resources.

ICKELVEY, V. E. (1960) : Relation of the elements to their crustal abundance, *Amer. Jour. Sci., Bradley Volume*, 258-A, 234-241.

f島良一(1973)：亜鉛埋蔵量の将来に不安はない，鉛と亜鉛，No. 54, 1973年7月，1-8.

'AGE, N. J. and CREASEY, S. C. (1975) : Ore grade, metal production, and energy, *Jour. Research, U. S. Geol. Surv.*, 3, (1), 9-13.

:OSE, A. W. BARNES, H. L., BURNHAM, C. W. and OHMOTO, H. (1976) : Research frontiers in exploration for non-renewable resources; Report on the Workshop, The Pen-nsylvania State Univ.

}根良弘(1962)：鉱石元素の濃集と地殻における現出頻度との関係；鉱山地質，**12**(1)，16-26.

EKINE. Y. (1963) : On the concept of concentration of ore-forming elements and the relationship of their frequency in the earth's crust, *Int. Geol. Review*, 5, 505-515(上記の英訳).

KINNER, B. J. (1969) : Earth Resources; Prentice-Hall Inc, Foundation of Earth Science Series (松尾禎士による訳本が共立出版から出ている).

KINNER, B. J. (1976) : A second iron age ahead; *Amer. Scientist*, **64**, 258-269. (立見辰雄による訳が日本の科学と技術，**19**，(191) に出ている.

:見辰雄(1979)：総鉱物資源量見積りのためのひとつの試み；(鉱山地質，**29**(4) に掲載される予定).

I. S. Bureau of Mines: Minerals Year Book (1974), Vol. 1, U. S. Gov. Print. Office.

'OKES, F. M. (1976) : The abundance and availability of mineral resources. in GOVETT and GOVETT (ed.), World Mineral Supplies, 65-97, Elsevier Publish. Co.

(1979年5月12日受理)

地学雑誌 88, 4 (1979)

1978年秋の東南アジア地質に関する2つの国際会議

小 林 貞 一

Two International Meetings on the Geology of Southeast Asia in 1978

Teiichi KOBAYASHI

東南アジアの地質関係の国際会議として私の知っているのは古いところで太平洋学術会議[1]で，その第4回が1929年に Batavia と Bandoeng で，第8回が1953年に比島の Quezon City で，第9回が1957年に Bangkok で開催された。ジャバの会議の頃私は東大の大学院生で勿論会議には出席出来なかったが，会後にアンデスの地質その他で有名な Prof. G. STEINMANN が訪日されて四国旅行の案内役に指名され親しく垂教を仰ぐ好機に恵まれた[2]。比島の会議では，太平洋地域の山地構造・印度太平洋地域の地史および太平洋地質の主要問題の3シンポジュームがあり，それに対応する3常置委員会の委員であった。またタイの会議では太平洋地域の地層対比の convenor であったので両方共出席した。比島ではミンドロ島産の三角貝の型を作って後にこれを記載した。

またバンコックの鉱山局では種々の化石の研究を依頼され，私の為に Rat Buri 石灰岩を見せて呉れた。これに先き立って1956年に ECAFE の technical meeting が東京で開かれて，タイ国鉱山局の BURAVAS 氏が新発見の化石を持参したが，それがタイ・マレイで最古のカンブリア紀化石であった[3]。このようにして私は，東南アジアの化石とのかかわりあいが，国際会議のある毎に深くなったのであるが，1978年秋のように2回も東南アジアの地質のための国際会議が開かれたことはこれまでになかった。

1962年から私共は本腰で東南アジア古生物の研究を始め，1964年からその成果を Geology and Palaeontology of Southeast Asia (累称GPSEA) と題して東大出版会から出して来た[4]。そしてそれが20巻に達したのが昨年春であった。東南アジア古生物研究会 (APRSA)[5] ではこの機会にこの地方の地質とその利用の促進の為に Geology and Palaeontology of Southeast Asia, Symposium, Tsukuba '78を催すことになり，研究会のうちに菅野三郎を座長とする組織委員会を設け，豊田財団と筑波大学の援助の基に，10月2—9日間に会議が開催された。そのうち3日間は討論会で，その前後に開会式・閉会式や小見学があり，7—9日間の野外巡検で終った。参会者は約130名で，そのうちの約30名が東南アジア諸国および韓国の学者であった。

討論会には40論文が寄せられ，東南アジアの中・古生界（I—III），新生界(IV—VI)，地質発展(VII—VIII)の8 sessions に分けられ，GPSEA Sympo. Tsukuba '78の preprint が配布された。Proceedings は GPSEA-21として出版される予定である。このシンポジュームにはパキスタン・インド・Andaman-Nicobar および韓国の地質に

1) 太平洋学術会議と太平洋の地質，本誌，71 (1962) 276-280.

2) その後10年未満に氏の蒐集品を主体として The Cambro-Ordovician Shelly Faunas of South America 東大紀要，4巻，369-533, 8 pls. 1937 を取りまとめることになったのは，全く奇縁であった。

3) 東南アジア産化石の研究，採集と飼育，24 (1962), 12-14.

4) 東南アジアの地史解明，同上，40 (1978), 199.

5) 「東南アジア古生物の研究について」の記録（その1，2）東南アジア古生物研究会，本誌，80 (1971), 18-35, 84 (1975), 152-169.

る７篇が含まれているが，他は皆タイ・マレア・インドネシア・フィリピン・台湾など東ジアのしかも層位・古生物・対比・古地理・測定・地質構造・火山活動など殆んど全部がアミックな問題に絞られていて，非常にまとまよいシンポジュームであった。そのうちには虫による古地理・二畳・三畳紀の境界・中生代・新生界の対比・その他の重要問題があり，に橋本亘[6]，佐藤正の東南アジアの地質構造関係に対して議論の花を咲かせた。両氏は新後期の造山帯としてアンダマン・ニュバル・da 弧・バンダ弧・比島の大部分を西南日本太沿岸の延長としている。中生代後期・古第三山帯は西南日本の中軸から琉球を径て台湾の山脈に続きマニラの西に没する。そしてミンオ西端から Sulu 弧を通って Sabah の南部する。ボルネオ中部では不明で，カリマンタ西部からジャワ中部に延び，逆転してタイ・マ国境と平行に北上する。古生代後期—中生期の造山帯は西日本内帯から東海を南下する Philippine Fault でずれてミンドロ島・Palm 弧を径てサバの北部に至る。Sundaland 部分本帯に属し，マライからタイ国中北部をし，北ベトナム・北ラオス造山帯と会するとう。詳しくは GPSEA 21巻の論文を俟たれた目下印刷中)。

この会議から１ケ月余後に The Third Regi-l Conference of Southeast Asia, Bangkok, vember 14-18, 1978 (III GEOSEA 1978 ngkok) が，Asian Institute of Technology, nadian International Development Agency Geological Society of Thailand[7] の共催で開かれた。私はこの会議には出ていないが，鳥山隆三・湊秀雄両氏によると非常な盛会であった[8]。私がここで紹介したいのは Prinya NUTALAYA によって出版されたその Proceedings についてである。

本著は862頁の浩瀚で，中国地質４篇の別冊と色刷のビルマ地質鉱産図が追加されている。

本著の前半（426頁）には59論文がある。すなわち Stratigraphy, Sedimentation and Palaeontology (14篇), Structural Geology and Tectonics (11), Geotectonics and Applied Geology (7), Petrology and Mineralogy (7), Economic Geology (17), Miscellany (2) となっていて，地質学分野中鉱床関係が最も多く，層位・堆積・古生物がこれに次ぐ。また地域性のない５篇を除いてインド19篇，タイ国14篇，東南アジア６篇およびオーストラリア，アフガニスタン・スリランカ・ビルマ・インドネシア・中共・台湾・韓国・日本等の各１—４篇中でインドが圧倒的に多数で，主催国以外の東南アジアとしてはビルマ・マレイシア・シンガポールの12篇があるのであるが，巻末の Abstracts と附録の１篇（845–862頁）を入れると，総数は百篇許となり地域性のない９篇を除いてタイ国関係の32篇を筆頭に印度23，東南アジア９になる。また，東南アジア以外では先きに挙げた以外にペルシヤ湾，西南太平洋などを取扱ったものがある。

この報文中の地史・古生物関係の論文を通覧して東南アジアの今日の斯学のレベルを示すものとして，鳥山，K. PITAKPAIVAN, R. INGAVAT のタイ国 Rat Buri 層群とマレイシアの相当層の紡錘虫群の古地理学的特色を紹介する。鳥山が二命法によるタイ国最初の化石新種 *Pseudoschwagerina taiensis* を記載したのは 1944 であった。K. P. 氏はタイ国人として最初に紡錘虫の論文を書き（1965），R. I. 女史は鳥山の門人で

6) 橋本亘は1939年に比律賓群島層位概説（矢部博士還記念論文集１巻），1941に比律賓群島燃料鉱物の地質（栗田書店）などを著しているが，APRSA プロジェクトで基礎的研究が一段と進展し，積年の研究結果を佐藤と共に総括したのである。

7) Geological Society of Thailand は1968に創立し，タイ語と英語で GST Newsletter を出し vol 8, 1975から英語の Journal of the Geological Society of Thailand, v. 1. Nos. 1-2, Dec. 1976 を出し始めて今日に至っている。

8) 参会者の名簿によるとアジア以外では，U. K.，仏，独，蘭，U.S.S.R. (Moscow)，カナダ，U.S.A., Argentina, Nigeria, New Zealand, Papua New Guinea, 豪州などが挙げられる。日本からは８名が載っている。

ある。これらの3著者を初め多数の両国紡錘虫の研究結果現在では実に238種の多数にのぼっているのであるが，本論文ではその産地をこの地域中の東・中・西の3帯に分け，またこれらの種の既知の地理的分布を土着種から世界的分布のものまでを7組に区別し，種のレベルで紡錘虫の古地理的意義を論じている。その結論として，下部石炭紀後期のものは西帯にのみ存在するが，テチスの東部よりも西部のフォーナに近縁である。北極区要素は石炭紀中部乃至二畳紀初頭に限って認められる。それ以後二畳紀末までの紡錘虫はテチス東部のフォーナに最も近い。このような結論が種を単位として多数の種から確実に摘出されたことはまことに優れた特例である。

本書の後半には Regional Geology (427—862頁) の扉がついていていて，東南アジアの地質研究者に取って他に求め難い貴重な部分をなしている。更にこれを2分して初めの427—718頁にはタイ国近隣の地質に関するものがある。

1. ビルマの鉱床区と中国・印度・泰国との地質関係，およびビルマ・雲南・アンダマン諸島の地質文献集（但し，中国側の文献が大きく欠けている。）
2. カンボジャ・ラオス・ベトナムの地質（層序・構造・火成岩）と鉱床および1951—1977間の文献集と1880—1950の主要文献集。
3. インドネシア東部の Banda 弧，インドネシアの第三紀盆地の骨格，インドネシア東部の Ophiolites.
4. マライシアとシンガポールの地質と鉱産に関する最近の知識，マライシア半島の地質構造。
5. Papua New Guinea の地質と鉱産。
6. Sri Lanka の地質・鉱産と工業

これに続いて泰国の部（718—844頁）には旧古生界・新古生界・三畳系・三畳紀後期の Huai Hin Lat 層・Khorat 層群・火成岩類・金属鉱床・非金属鉱床の諸章がある。特に Huai Hin Lat 層については最近の精細な地質調査の結果が報告されている。他は Review 或いは Summary というようなものであって層序関係を見ると概ねよく書けているが，二畳石炭系の紡錘虫その他の化石による東南アジア随一の層序に就いて全く触れていないのは瑕瑾である。泰国地質鉱産に関 欧文の文献集（1951—1978）のみならず，タ の報文の英訳題目の文献集もついていて，非 有益である。

次回は3年後にフィリピンで開かれるとの である。この Regional Conference は初め 年にマライシア地質学会主催で Kuala Lum のマライ大学で開かれ，同学会の Bulletin 6, 334頁としてその報告が出た。その内容は gional Tectonic Framework (7篇), Str graphic Correlation (6), Geochronology (Geology of Continental Shelves (3), Re nal Mineralization, Exploration Concepts Techniques (4) の21篇で地域的にはインド 台湾までの間の地質に関するものである[9]。

因みに Geological Society of Malaysia (G は1966に創立し，K. L. の馬来大学の地質学 に事務室を置き2種の出版物が発行されてい 即ち，Newsletter Warta Geologi vol. 4, n Nov.-Dec. 1978 ; GSM Bull. 10, 1978まで されている。また D. J. GOBBETT (1968) liography and Index of the Geology of W Malaysia and Singapore が Bull. 2, 1-15 に，Supplement が Bull. 3, 115-129頁，197 GOBBETT and P. H. STAUFFER の Suppl ent 2が Bull. 7, 27-78頁，1973に出てい

第2回の会議は1975年8月に Jakarta, In nesia で開かれた[10]。橋本亘氏の好意でその グラムと論文摘要を見ることが出来たが，34 中豪洲関係の1篇以外は皆東南アジアの地質 である。報告書は出版されなかったようであ

タイ国では上記の外に1973年12月チエンマ 学の地質学教室建物開設祝賀記念に Confer of the Geology of Thailand が催され， ECAFE の資源部にいた沢田秀穂が祝辞を た。この会議の Proceedings は Departmen

9) Abstract of Papers. Annexed to Ne letter No. 34, GSM, 64 p. には53 摘要があり，Proc. に出なかったものが 数含まれている。
10) 名取博夫：東南アジア地域地質鉱物資源 議に参加して，地質ニュース No. 26 (1976), 36-47.

ological Sciences, Chiang Mai University ら Special Publication Number 1, Volumes 1 (7頁) and 2 (77頁) (mimeograph) として発表されているが，その第1巻はタイ国地質のReview 第2巻に研究論文がある。そのような関係か知れないが，第3回地域会議報告後半のタイ国質の総括にはチエンマイ大学の人々の執筆が少ない。

Manila University of Santo Tomas, 1611

Presidency College, Madras, 1841

Hoofdbureau van het Mijnwese, Batavia (Dienst van Mijnbouw, Bandung), 1850

Geological Survey of India, Calcutta, 1856

Imperial University, Tokyo, 1877 (Meiji 10), Shoheiko (1789)

Royal Department of Mines and Geology, Bangkok, 1891[11]

Service géologique de l' Indochine, Hanoi, 1898

National University of Peking, 1901

Geological Survey, Malay, 1903

東南アジアの教育及び地質調査機関には東アジアに比べて非常に古い歴史がある。しかしタイ国の地質学的進歩は非常に新しい[11]。東南アジアの地質全体としても大戦前後で色々な様式で大差がある。タイ国地質誌の場合，1949年に米国技術者の協力を得て地質調査を行い1951年にその成果がU.S. Geol. Surv. Bull. 984として出版され，その複刻版が Geologic Reconnaissance of the Mineral Deposits of Thailand. Royal Department of Mines, Geological Survey Memoir 1, 1953, 183, 20 pls. として出版されている。その第5図版は125万分1地質図で，一応タイ国地質鉱産誌が出来上ったのであった。マライ半島の地質も大同小異であった。その頃は両地共白亜系については空白であった。新生界の広く分布するフィリピンに於いては先第三紀についてはセブ島の白亜系とミンドル島の侏羅系について僅かに判明していたのみであった。

1960年以降のこの地域地質の進歩はまことに目醒しいものがあった。1962年12月6日我々はバンコックの鉱物資源局でタイ国地質家と共に The First Colloqium on the Fossils from Southeast Asia を開き15研究の成果に就いて話し合った。翌年12月3日には第2回のコロキュムを開き25タイトルについての研究発表があり，そのうちにはタイの地質家の成果も含まれていた。それから僅か15年余りの間にタイ国の地質学界がこのような顕著な発展をするとは想像も出来なかった。その発展のうちで地域地質では地質系統の確立が根幹で，それは化石による地層の識別が主な作業であり，鉱物の年代測定と相俟って進められ，その結果地史が解読されるのである。このような道程に於いて APRSA のプロジェクトがこれを促進することが出来た。維新前後に我国が欧米の学者に導かれて，日本の地層を開拓し始めることの出来ことを思い浮べるならば，APRSA の成果が東南アジアの地質に於いて報恩の一端となったことを悦ぶ。 (1979年3月5日受理)

11) Saman BURAVAS (1963), Progress in Geology and Geophysics in Thailand since the First Pacific Science Congress (1920), 本誌, 72, 94-98. シャム国王立鉱山地質局の創立は1891年であるが，1912-38年間に至って HOGBOM, LEE, CREDNER, HIRSCH と HEIM らの散発的地質調査があり，1938以降調査は軌道に乗り，戦後に至って活発になって来た。

追記：HAMADA, T., HASHIMOTO, W. and AOKI, N. (1978), Overseas Palaeontological Research Projects in Southeast Asia. Recent Progress of Natural Science in Japan, Vol. 3, B-IV, p.109-136. GPSEA 19巻までの論文リストと1975以降の APRSA プロジェクトの成果の要約がある。

地学雑誌 88, 4 (1979)

100万分の一日本地質図第2版と揺籃期の日本地質図史

小 林 貞 一

Geological Map of Japan, Second Edition, Scale 1 : 1,000,000 and the geological maps of Japan in their cradle age

By Teiichi KOBAYASHI

日本地質誌第3版について本誌 (vol. 87, no. 5, 1978) に述べた時，その参考文献中に印刷中として挙っていた標題の日本地質図第2版があった。この待望の地図を最近に見ることが出来た。その作成に当っては地質調査所内に広川治を長とする百万一地質図編集委員会を組織して，多数の委員・資料提供者・製図技師等が昭和46—52年間編集と製図に協力し，印刷に附して昨年12月25日に漸く出来あがった。地調の日本地質総図出版は明治32年 (1899) の百万分の一に初まったのであるから，本図は本来80年間のこの種作業の総決算であり，その出来は立派なものである。

本地質図は國後・択捉などの南千島や西南諸島，南では伊豆・小笠原諸島や沖ノ鳥島，南東では南鳥島など遠隔の部分は2百万分一の縮尺で描れている。その外に1,500万分一の位置図(Key map)，800万分一の日本とその周辺の第四紀火山および第三紀火山区の図があり，併せて海底地形も示されている。これと同縮尺の先第三紀地質構造区の図があり，概ね礒見博の日本地質構造図 (1968) によっている。因みに氏の地質構造図ではバリスカン造山を古期中生代まで引き延しているが，これは不穏当である*。

凡例では火山岩のみでなく深成岩も地層と共に地質時代の順に配列され，83に識別されている。新生代の凡例33のうちに新第三紀深成岩5がある。白亜後期—古第三紀深成岩7，白亜前期深成岩5，中生代後期乃至それ以前のもの2，中生代末—中生代前期3，および石炭・泥盆両紀間に置いている氷上山花崗岩を入れて合計23の深成岩を区別してある。堆積岩・火山岩としては白亜系12，侏羅・三畳系5，中生代中期乃至二畳紀4，二畳・石炭紀8，そしてデボン紀・シルル紀・先シルル紀各1で計32がある。これらの配列は論議の末に決めたので，その苦労話が委員会記事(1978)に載っている。蛇足乍ら太平洋側の広い面積を占めている四万十層群下部を記号K，即ち白亜紀としている。事実西南日本から関東山地に至るまでその大部分が白亜系であるという化石の証拠があがって来てはいるものの(松本・岡田，1978)，20万分の1や7万5千分1の地質図の四万十帯中には鳥巣式石灰岩が点在することが示されていた。そして江口 (1951) がとりまとめているように，矢部・杉山の層孔虫の記載や江口の六射珊瑚の鑑定でジュラ紀とされているものが，この帯の北縁だけでなく余程南に下った四万十川下流の西方の石灰岩までもそのうちに含まれているのは見逃し難い。

変成岩類は9種に分けられ，その岩型・変成型式・原岩の時代・変成期などが表示されている。飛驒変成岩は先シルル紀となっているが，最近宇奈月温泉近傍で石炭紀の化石が発見されている (広井ら，1968)。夫れ故この変成岩類，引いては西南日本造構史をよく再考する必要がある。

関東平野で花崗岩や結晶片岩など先第三紀基盤

* 手近かなところ BRINKMANN(1960) でも判るようにバリスカン山地は主に石炭紀に形成され，その中頃の Sudetian 時階が頂点で，バリスカン山地は三畳紀の到来を俟たず，二畳紀前期中葉の Saalian 時階をもって完成したのである。

岩類が試錐で確認された地点，或いは古生層地域でジュラ紀菊石の発見された地点なども夫々記号で明示されている。序に PM のうちで三畳紀コノドントの発見された地点も入れておいて貰いたかった。コノドントのみならず稀に三畳紀の三枚貝などの発見されているところもあり，最近では秩父盆地南縁の武甲山で立派な St. Cassian の二枚貝類が発見されているので秩父の秩父層群が三畳系に延びていることはも早や疑問の余地を残さない（田村ほか，1978)。

百万分一日本地質図第2版には一般走向・褶曲軸・大断層なども記入されていて，地質総図としては将さに最高級のものである。

明治32年出版の大日本帝国地質図百万分の1第1版では片麻岩層・結晶片岩層・古生層・三畳層・侏羅層・白亜層・年紀未定中生層・第三紀層・第四紀層・珊瑚礁の10層群と4種の火成岩類。すなわち（1）花崗岩・石英閃緑岩及斑岩(2）斑糲岩・橄欖岩及蛇紋岩，(3）輝緑岩及玢岩，(4）火山岩の合計14に分けられていた。私共の愛用した大日本帝国地質図，200万分の1，第2版。大正15年(1926)では朝鮮半島の片麻岩系・前寒武利亜系・寒武奥陶系及び平安系（即ち石炭・二畳・三畳系）の4者を除いて，変成岩を含む11層群と10火成岩とが分けられていた。しかし地層以外では地質時代の区別はなかった。

2百万分1総図第2版（1964）に至って地層と変成岩類が15に，そして火成岩は時代別に15，詳しくは貫入岩6と噴出岩9に分けられ，戦後の年代測定の進歩を示している。そして活火山が加っている。百万分の一総図第2版の凡例では単にその数が激増したり，火成岩の年代が判明しただけでなく，火成岩も変成岩も地層の間に組み入まれ，凡例自体が日本の地史的発展の表現となって来ている。1968年の500万分1地質図第3版では凡例は21に減じているが，海底地形が加筆された。近刊の百万分一第2版では更に陸上の主要構造区分と大褶曲・大断層が盛り込まれている。そして地層・岩類の分布は非常に精密になっている。

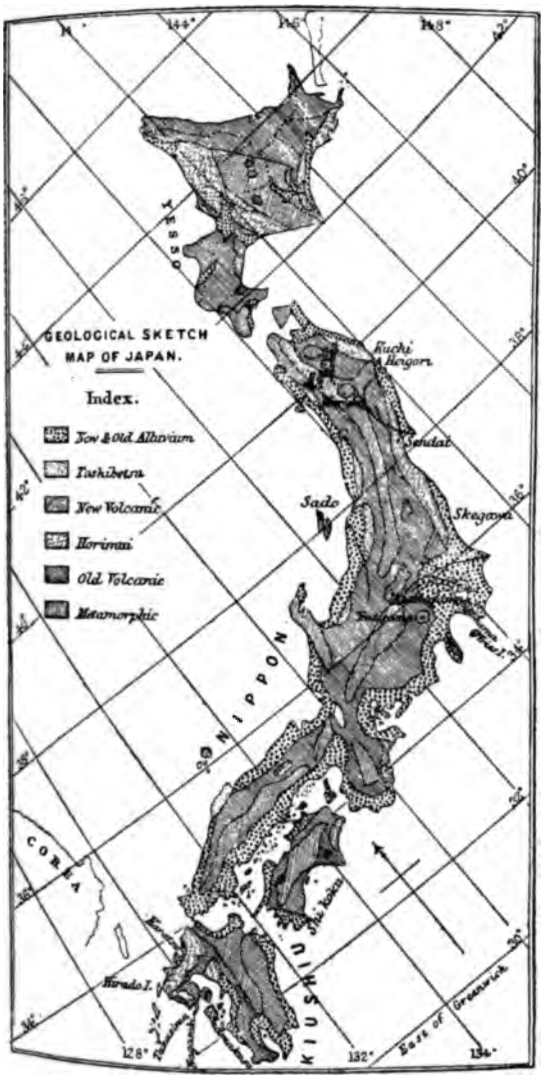
日本地質図の歴史については今井功（1962）や河合正虎（1972）の記述があるが，この機会に地質調査所創設前の揺籃期の地質図について補筆する。鉱山図はさておき日本の地質図には1世紀余の歴史がある。すなわちライマンに先き立って来日したパンペリーは1866年に北海道南西部の地質を公表している。R. PUMPELLY は W. P. BLAKE と共に文久2年（1862）に来日して1年余の間に渡島半島の地質調査結果を46万分1の縮尺で，花崗岩・古期水成変成岩層，その上の若い地層，即ち第三紀層，および火山噴出物を識別している。

明治5年（1872）に来日した B. S. LYMAN と H. S. MUNROE は北海道を広く踏査して1876年に200万分1の日本蝦夷地質之略図を，その翌年その説明書となる A General Report of the Geology of Yesso を著した。この報文は明治11年に北海道開拓使が來曼著北海道地質総編として出版した。ライマンの有名な色刷の地質図* では鴨居古丹石類・幌向石類（白亜系・古第三紀夾炭層)・古火山石（グリーンタフ)・登志別石類（油田第三系)・古冲積層（段丘)・新冲積層(冲積地)を識別している。ライマンは後に本州の油田・炭田を調査した。

1878年には簡単ではあるが最初の日本地質総図が出版された。その作者 J. G. H. GODFREY は Mining Engineer-in-Chief として1871—77の間鉱山開発のために在日した日本政府のお雇い技師で，その Geological Sketch Map ではライマンの地層区分を踏襲して，変成岩・古期火山岩・幌向層・新期火山岩・登志別層および新旧冲積地の6者に分けている。尚この論文の前のところで日本の脊稜と北東の千島・樺太，南西の琉球に対するリヒトホーフェンの所見を述べ，後半では石炭・銅・銀・金・鉄・カオリン・塩等の鉱産を述べ，特に高島と三池炭山の夾炭層の層序を載せている。

このようにパンペリーの渡島の地質略図に端を発し，ライマンの北海道地質全図が出来，またその層序に従って日本地質素描も出来た。この頃仏人コアニエに地質調査を習った高島得三は立派な山口県地質図を作成した。これは将に邦人作の最

* 日本蝦夷地質要略之図は1961年科学博物館後援会で翻刻し，その裏に尾崎博がライマンのことを紹介している。



第1図 J. G. H. GODFREY's Geological Sketch Map of Japan. From Q. J. Geol. Soc. London, v. 38, 1978.

古の地質図で，明治11年2月氏の識する「山口県地質図説」は日本近代地学史中その揺籃時代を飾る特筆す可き作品である。この図説に就いては河野通弘(1962) や土井正民(1977) が紹介しているが，まだ広くは知られていないので私見を混えて記述し，併せてこの機会に日本経済新聞社(1976)の「高島北海展」をも参照して作者の略歴を紹介する。

本図説* は山口図書館に所蔵されているのであるが，第1章は地球ノ履歴，石種ノ大区分，第2章は水層石六種ノ記事，第3章は火成石三種ノ記事，第4章は概論——地形ノ険易ハ地質，新古ニ関スルノ説，石脈ノ方位の4章からなり，露頭のスケッチや地質断面図など18図が載っている。土石はその成因によって水層石（水成岩），火山石（火成岩），鎔結石（花崗岩または深成岩），熱変石（熱変成岩）の4種に大別している。

第2章では水層石6種の層序が組立てられ，第3章では3種の火成岩が識別されている。

Roche aquatiques 水層石

Terrain Moderne 新層（沖積層）

Terrain tertiaire supérieur carbon 三次石上層（宇部夾炭層を含む第三系）

Terrain tetriaire inférieur 三次石下層（生層群或いは広義の硯石統）

Terraine scondraire supérieur calcaire 二次石上層（秋吉，蔵目喜等の主に石灰岩からなる古生層）

Terraine secondraire inférieur 二次石下層（山口相の古生層と三群変成岩類）

Terrain anciens 一次石（主に領家変成岩類）

Roche ignée 火成石

Granites 花崗岩（石英斑岩を含む）

Porphytes 古火山石（主に玢岩類）

Basaltes 新火山石（新期安山岩・玄武岩）

括孤内は私見を交えた解釈である。本著で筆者の驚嘆するのは山口県地質分色図で，これは水層石6種と火成石3種の凡例に従って描かれた約20万分1地質図で，北西・南東に斜断した地質断面図が附してある。これを約4半世紀後に出版された角島・山口の20万分1両図幅（巨智部，明治35年，鈴木敏，38年）と比べると全体として非常に近く感服する。戦後諸県で地質図が数多く出版されたが，その発端は1世紀前の山口県

* 河本幸次郎氏所蔵の原稿本では図書館所蔵の図説にない後半の地形図説と鉱山資源の記事がある由

遡るのである*。

は氏の傑作であるが，明治13年に草し
内鉱属分種目録」には金属・宝石・用
・鉄属・灰石・絵具・薬用之属・奇石
の諸項についてまとめた鉱産誌で，県
所と産地が挙っている。これに先き立
年には「山陽山陰地質記事」を残して
の前半は聚礫石（古生層？）・板紋石
'）・花崗石・雑土石の論説，後半は
里を出て19日生野に達するまで日々の
記録である。その外に山林関係の著作
に絵画に於いて顕著な業績があったこ
は略伝に記す。

の略伝——嘉永3年(1850)長門国阿武
に藩医高島良台の二男として生れ，藩
級友に乃木希典がいた。後に北海と号
から絵才に秀れていて，後半生は画家
するのであるが，明治5年(1872)から
役人で絵画は余技であった。この年工
出仕，生野鉱山で Franeisque COI-
フランス語と地質学を修得した。父病気
年官を辞して帰郷し，11年内務省地理
申付けられるまでの間に，山陽山陰地
口県地質図説を残し，後れて13年に山
分種目録を著した。同年田中壌との共
略誌があるが，翌年農商務省山林局事
り，多数県内の官有林調査に従事し，
游南日記を記す。
ジンバラの万国森林博覧会に武井守正
従行，欧州諸国の山林事情を調査，翌
森林高等学校留学を命ぜられ，卒業後
芸博覧会の事務を行う。1888年帰国す
仏国画壇に作品を展示し，美術雑誌に
。フランス美術家と親交，工芸巨匠エ
を初め，アールヌーボーナンシー派画
画風の影響を与え，画家としての功績
シェ，ダカデミー章を受けた。
両国の蚕糸業実状調査の為再び渡欧，
登破スケッチし，欧州巡回路程表・欧
記事・第2回仏南紀行を記した。爾来
・山林局監査官，福岡大林区署長等を
に日本植物帯調査を行い，花鳥図画

972)は1953年以降の都道府県地質図・
一覧表に59種を列挙しているが，それ
立って，1950年に平田茂留が36万分1
県地質図を国際教材株式会社から独力
したのも注目す可き一事である。

稿・欧州山水奇勝・松島真景着彩帖等を作ったが，1898年官を退いて山口県長府に閑居，豊浦中学校で図画を教授した。

明治35年（1902）53歳で画筆をもって世に立つ決意をして上京，翌年日本美術協会展に出品受賞し，渡米してロッキー山脈の写生旅行をし，異色ある画論「写山要訣」を刊行した。39年には北海山水百種を刊行，中国山水旅行に出て翌年支那百景を出版した。

明治41年文展審査員となり，第2回文展に本邦高山植物を出品以来，大正7年委員を辞すまで，蜀道七盤関真景・ダリア・梅雨・峭壁摩天・富士の裾野などの傑作を審査委員として出品，特に大正6年には中国を再訪，朝鮮金剛山に邦人として初踏破し，金剛山四題を第11回文展に出品した。その後も多数の名作を残し，昭和6年(1931)，82歳で絶筆月見草をあとに永眠した。

画家としての北海については多数の図版や国際的国内的業績の解説・年譜などが「高島北海展」に載ている。この展覧会は昭和46年日米繊維交渉に尽力した東洋紡績の谷口豊三郎がアメリカ建国200年の機に北海の山水百種をワシントンのフリア美術館に寄贈するに当って昭和51年日経主催で東京・大阪で展覧会を開催し，この記念出版物を作った。

高島の地質図説ではその層序区分が特に興味がある。層位学の命名者 J. G. LEHMANN は無化石の原始的岩類と含化石二次層を分け，G. ARDUINO が更に新しい化石を含む第三次層と火山岩を識別した。これは18世紀中頃で第三系はその遺物であって，ラテン系諸国ではほぼ中生界の意味で第二次層が永く使用された。仏人から地質学を学んだ高島はその流を汲んだのであるが，今日にして見れば彼の二次石層は古生界，三次石層は中生界と第三系に当っている。

A. WERNER (1749—1817) は始原・遷移・成層・堆積の4岩系と火山岩を識別した。すなわち無化石の原始岩系と含化石成層岩系の間に漸移層を認めたのである。これと前後して W. SMITH (1769—1839) の地層重畳と化石による地層固定の層位学の基本法則が確立された。そしてまず白亜系と石炭系が共に1822年に命名さられた。そして19世紀前半中に地質系統が大方成立した。この間漸移層に当る寒武・志留両系が樹立するまでには有名な大論争が展開され，両系の中間部を奥陶系として分離・独立させることによって旧古生界

の三分法が出来たのが1879年であった。これより先き1841年に J. Phillips は諸系を古生・中生・新生の3界に統括した。そして新生界の上部を MORLET が第四系と呼んだのが1854年であったが，ナウマンが生れたのはこの年で，氏は ZITTEL のいたミュンヘン大学に学んだ。そして1875年21歳で来日し10年後に帰国した。

明治10年（1877）に東大が創立し，翌年内務省地理局に地質課が出来，12年ナウマンは地質課技師長となり，その翌年から地質図幅調査を開始，15年に農商務省内に地質調査所が設けられた。その翌年原田豊吉が帰国入所，18年にはナウマンが帰国する。その前年（1884）農商務郷第4回報告に全国地質略図の作成を報じている。この図が如何なる出来であったかは不明であるが，兎も角もその説明書としてナウマンが執筆したのが Über den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln, 1855である。この説明書から案ずるに問題の日本地質図では次の6者が区別されていたであろう。

1. 始原岩系としての Urgneiss
2. 結晶片岩
3. 古生界，紡錘虫石灰岩を含む。関東山地北部のものは遷移岩系で寒武・志留紀であろうと示唆している。
4. 中生界 含 *Monotis* 三畳系・北上の含菊石ライアス・ジュラ紀の鳥巣石灰岩・手取・領石植物層と蜆介層の関東及び西南日本の白亜紀三角貝層，北海道の白亜紀菊石層等を含む。
5. 新生界・貝化石・植物化石・象などを含む。
6. 火成岩類

斯くの如くナウマンに至って現在の地質系統に基く層序がほぼ出来て来たが，古期無化石岩層に対してはドイツ流の岩系区分が受け継がれている。そして原田の日本群島（1890）に至って片麻岩系と結晶片岩系を Archaeisch として一括しているのであるが，アーキアンは本来先寒武利亜紀の総称として命名されたので，先寒層名3者の命名者とその提唱年は次の如くである。

Archaean DANA, 1872
Archaeozoic ZITTEL, 1880
Proterozoic EIMONS, 1883

日本の地質地質構造図としては1890年の原
日本群島中の2図が最も古く，1893年にはナ
ンのものが，1903年にはリヒトホーフェンの
が出た。それに先き立って明治32年（1899）に
百万分の1大日本帝国地質全図が出来，その
書は33年に，欧文の説明書は35年に出版された
1900年巴里で開催の第8回万国地質学会議に
記の全図第1版が展示されて賞讃を博したの
った。

地質調査所の地質図作成については今井(19
河合（1972）などの詳しい記述がある。それ
所の出版目録も併せ参考にしてこれを要約す

1. 40万分の1地質図は2回作成が繰返さ
明治19年—大正4年（1886—1915）の間に出
完成した。

2. 20万分の1地質図並に説明書の出版は
18年—大正9年（1885—1920）の間に完成し
(北海道を含まず*)。

3. 7万5千分の1地質図並に説明書の出版は大正10年—昭和27年（1921—1952）の間に北海道を除く全域の約4分の1を完成して打ち切った。

4. 5万分の1地質図並に説明書作成の図幅調査は昭和26年から開始されて進行中。

5. 50万分の1日本綜合地質図幅が編纂され昭和26年から出版され始めた。

* 北海道では明治19年（1886）北海道庁が新設され，地質鉱床調査が続けられ，神保小虎は General Note on the Geology of Hokkaido (1889)，北海道地質略論(1890)を著し，北海道地質図を附した。大正7年（1918）には大井上義近の60万分の1北海道地質図が出版された。
北海道ではまた地質調査会・工業試験場資源調査部・地下資源調査所等でも5万分や10万分の1図幅調査を行った。
昭和15年北海道工業試験場で50万分の1地質図が，また昭和26年佐々・根本・橋本共作の60万分の1地質図が作成された。昭和33年には20万分の1北海道地質6葉の出版を完結した。詳しくは根本(1962)，佐藤・斉藤(1968)の記事参照。

日本地質総図 地質調査所出版*
9 大日本帝国地質全図 百万分一 巨智部忠承ら編
0 大日本帝国地質図 二百万分一 井上禧之助ら編
1 日本帝国鉱産図 二百万分一
6 同 訂正 第2版 二百万分一
3 日本炭田図 二百万分一
6 日本地質図 二百万分一
7 日本炭田図 二百万分一
7 日本の鉱床区 Ⅰ. 第四紀鉱化作用 二百万分一
7 日本水理地質概観図 二百万分一
8 本邦温泉分布図 二百万分一
9 日本油田ガス分布図 同上
0 日本の鉱床区 Ⅱ. 新第三紀鉱化作用, Ⅲ. 中生代—古第三紀鉱化作用, Ⅳ. 古生代鉱化作用, 同上
0 Geological Map of Japan, scale 1 : 5,000,000
0 The Mineral Distribution Maps of Japan I-III with Explanatory Notes. Scale 1 : 3,000,000
4 Geological Map of Japan, scale 1 : 2,000,000. 2nd edition.
4 Hydrogeological Map of Japan, scale 1 : 2,000,000.
5 Geological Map of Japan, scale 1 : 5,000,000, 2nd ed.
8 Ditto. 3rd ed.
8 Tectonic Map of Japan, scale 2,000,000. Compiled by H. ISOMI.
8 Volcanoes of Japan, scale 1 : 2,000,000, with selected bibliography of Japanese volcanoes. Compiled by ISSHIKI, K. MATSUI and K. ONO.
0 Metamorphic Facies Map of Japan, scale 1 : 2,000,000, with explanatory text. Compiled by M. HASHIMOTO, S. IGI, Y. SEKI, S. BANNO and G. KOJIMA.
1 Geological Map of Japan, scale 1 : 2,000,000, 4th ed.
3 Metallogenic Map of Japan, plutonism and mineralization (1) Mo, W, Sn. Scale 1 : 2,000,000. Compiled by S. ISHIHARA and A. SASAKI.
3 Coal Fields of Japan. Scale 1 : 2,000,000, 2nd ed.
5 Distribution Map of Hot Springs in Japan. Scale 1 : 2,000,000, 2nd ed.
6 Distribution Map of Kaolin, Pyrophyllite and Sericite Clay Deposits of Japan with explanatory text. Scale 1 : 2,000,000.
7 Radiometoric Age Map of Japan. Scale 1 : 2,000,000.
1. Granitic Rocks, 2. Metamorphic Rocks. Compiled by T. NOZAWA.
3 Active Faults in Japan (Main Islands) with explanatory text. Scale 1 : 2,000,000.
3 Geological Map of Japan. Scale 1 : 1,000,000.

:表の作成に当っては神戸信和技官の助力を得たことを記して謝意を表する。

こりにパンペリーの来日以来北海の山口県地 の出来る頃までを日本地質図史の揺籃期と :らば, これと前後して大学に於ける地質学 成と地質調査事業が開始され, 1899—1902 :百万分1地質全図とその説明書の完結した 2期で, その初期にナウマンと原田の論争 った。

)後約10年して二百万分一大日本帝国地質図 , 当時の知識に基いて小川琢治は日本群島 造論を組み立てた。これは40万分1の擽)出揃った時期でもあった。40万分1地質図が完結したのは大正4年(1915)で, 20万分1地質図の完結は大正9年で, 矢部長克の Critical Reviews (1917) がその間に出た。7万5千分の1地質図は大正10年から発刊されたのであるが, その後間もなく小沢儀明が秋吉石灰岩の逆転を発見(12年), 古生代後と中生代後期の造山運動を西南日本内帯で識別した (13年)。

2百万分一大日本帝国地質図は明治44年に初版が, そして大正15年に第2版が出た。これは大戦前最後の総図で図幅調査の進展にともなって総図は精密正確にはなったが, まだ秩父古生層は二畳

石炭紀と考えられていた。野田光雄（1933）の泥盆紀化石発見，それに続く小貫義男の志留紀化石発見（1937）によって初めて秩父古生層下部が志留系に達して居ることが実証された。私は大正末から満鮮の寒武奥陶両系を研究していたのであるが，恩師小沢先生が夭折されたので欧米留学から帰国してから遺志を継いで，西南日本中生代地史の研究に主力を注ぎ，昭和16年（1941）横山又次郎先生八十歳の長寿を祝すために日本群島の起源に関する論文を著作した。その前後から終戦までは戦時研究調査に追われて，7万5千分一図幅や説明書の作業は頓挫した。かくして第3期の幕を閉じた。

終戦前後の数年間には地質調査所の名称・官制・機構等が度々変更した。しかし乍らこのドサクサの間に大事な将来発展への芽生があった。終戦の翌々年6月日本学術振興会のうちに第112日本地質鉱産誌及地質図編纂小委員会が出来，当時の地質調査所長山根新次が委員長となって発足したのであった*。しかし学振自体にも変遷があり，この委員会は1－2年で解散した。それでも尚且つ地質誌としては後に日本三畳系の地質がまとめられ昭和26年地質調査所特別号として出版された**。また編図の方では昭和25年から50万分の1日本総合地質図幅編纂のプロジェクトが開始された***。22年以来の地調速報に代って地調月報が出だしたのも昭和25年であった。昭和27年(1952)の地調創立70周年には英文の日本地質鉱産誌附図として3百万分1日本地質図が出版された。この頃を転機として総図の編纂が活発となり，そのうちには構造・火山・変成・年代・鉱床・鉱産・炭・石油・水利など種々の特殊総図も含まれて，その数は約30に及んでいる。これが百万分一日本地質図第2版までの第4期で日本鉱産誌の出版による完結が俟たれている。

日本地質図史はパンペリー来日から起算しても，また渡島地質図の上梓から数えても1世紀を越えている。地質総図に揺籃期の諸図を加えて1堂に展示すれば，地質調査の進歩を年を追ってよく看取されるであろう。現在の日本はアジア太平洋地域中で地質家足跡の最も稠密な地区であろう。その足跡の上に建かれたのがこの百万分一日本地質図第2版である。その製作に直接参興した方々の労作もさること乍ら，この図はそれに先立つ各種総図の数々，種々の縮尺の図幅の集積，そして地調内外の無数の資料の上に築かれたものである。地質図史4期を通覧すると地質系統樹立までの更に古く長い地質学史がその揺籃期の作図に反影している。地質調査が本格化し規道に乗って来たのは第2期以降であるが，その指導概念はナウマン，原田の地質構造論に端を発している。そして地史的発展の概念から体系化されたのが第3期であった。その原型を基にして第4期には多辺的な検討が試みられた。そしてこの第2版作成の解説によると検討は慎重を期していたのであった，しかし，一個の化石・一片の鉱物と雖も諸説を選択する試金石に外ならないのである。慎重審議のこの地質図に於いても尚且その出版を保たずして重大な疑問が惹起している。そしてそれは日本の地質構造に則した批判・綜合・体系化の六ケ敷さを如実に物語っている。それと同時にこれは日進日歩の日本地質学の表現として悦ばれるのである。

* 日本地質鉱産誌と地質図の編纂（T.K.）地球の科学季刊1号，62頁，1948

** 昭和25年には中国・四国・中部地方地質誌が，翌年には関東地方と総論が，そして27年には近畿地方，29年には東北地方，37年には近畿地方が朝倉書店から出版されて，編図の説明書的役割を果した。そして既刊の一部は増補あるいは改訂された。未刊は北海道地方地質誌のみ。

*** 編図の基礎的資料を地質調査所のみならず，広く所外からも求めるために地質図の目録が作成され，日本地質図索引図（Index to the Geological Maps of Japan）として取まとめられ，昭和38年から出版され初め，1900—1959までの資料が第1集冊に，1960—69までのものが第2集2冊に，そして1978の第三集には1970—74の資料が収録されている。

文　献

BRINKMANN, R. (1960) : Geologic Evolution of Europe, 159 pp.
地質調査所地質部（1976），100万分の1日本地質図，地質調査所月報，27巻 65–69頁.

土井正民 (1977), わが国の19世紀における近代地学思想の伝播とその萌芽, 広島大学地学研究報告 21号, 1-170頁.

江口元起 (1951), 鳥巣の珊瑚類, 地質調査所報告特別号, 日本三畳系の地質, 132-145頁, 付表2.

GODFREY, J. G. H. (1898), On the Geology of Japan. Quart. Jour. Geol. Soc. London, v. 38, p. 542-555.

HIROI, Y., FUJI, N. and OKIMURA, Y. (1978), New Fossil Discovery from the Hida Metamorphic Rocks in the Unazuki Area, Central Japan. Proc. Japan Acad. v. 54-B, no. 6, p. 268-271.

今井功 (1962), 地質図幅調査事業の歴史 地質ニュース, 98号, 4-14頁.

今井功 (1966), 明治時代における始原界論争——とくに原田・小藤両説を中心として, 地学雑誌, 75巻 4-5号, 38-46頁.

[illegible]見博 (1968), 日本地質構造図, 1 : 2,000,000地質編集図.

河合正虎 (1972), 地質図幅調査事業の歴史の現状, 地質ニュース, 220号, 2-23頁.

河野通弘 (1962), 高島北海の「山口県地質図説」地学研究, 12巻9号, 310-314.

KOBAYASHI, T. (1941), The Sakawa Orogenic Cycle and its Bearing on the Origin of the Japanese Islands. Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Sec. II, Vol. V, Part 7, p. 219-578, 4 pls, 10 geol. maps.

小林貞一 (1978), Geology and Mineral Resources of Japan, Third Edition, Volume One, 1977と日本地質誌の歩み, 地学雑誌, 87巻 5号, 35-37頁.

MATSUMOTO, T., and OKADA, H. (1978), Evaluation of Molluscan Fossils from the Mesozoic of the Shimanto Belt. Proc. Japan Acad. v. 54-B, no. 7, p. 325-330.

根本忠寛 (1962), 地質調査所と北海道の地質調査史, 地質調査所略史, 47-49頁.

日本経済新聞社 (1976), 高島北海展.

小川琢治 (1898), 日本群島地質構造論, 地学雑誌, 11集, 413-422, 475-504, 537-559, 685-694, 810-820頁.

小川琢治 (1906), 西南日本地質構造概論, 地質要報, 1号, 1-100頁.

小沢儀明 (1923), 秋吉石灰岩を含む所謂上部秩父古生層の層位学的研究, 地質学雑誌, 30巻, 227-243頁.

OZAWA, Y. (1924), The Post-Palaeozoic and Late Mesozoic Earth-Movement Movements in the Inner Zone of Japan. Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Sec. II, Vol. 1, part 2, p. 91-104.

PUMPELLY, R. (1867), Geological Route Sketch of Southern Yesso. Geological Researches in China, Mongolia, Japan during the Year 1862 to 1865. 144 pp. with 9 pls. Smithsonian Contributions to Knowledge, Vol. 4.

佐藤博之・斉藤正雄 (1968), 北海道の地質調査事業はどのように進められたか (本道地質調査事業の歩み) 地質ニュース166号, 北海道支所創立20周年記念号 3-8頁.

TAMURA, M., KAWADA, S., TAKEDA, A., OGURI, H., SAITO, T., TSUCHIDA, K. and INOUE, M. (1978), A Find of Triassic Molluscs from the Buko Limestone Formation, Chichibu, Saitama Prefecture. Proc. Japan. Acad. v. 54-B, no. 2, pp. 41-44.

YABE, H. (1917), Problems concerning the Geotectonics of the Japanese Islands; Critical Reviews of various Opinions expressed by previous Authors on Geotectonics. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. v. 4, no. 2, pp. 75-104.

(1979年4月16日受理)

付記 地質学の先駆者・高島北海 日本初の地質図作成 土井正民 ガレと高島北海 13-14頁.

協会記事

講演会（昭和54年５月26日）

地学会館に於て「石油資源の現状と将来」講師石和田靖章君の講演があった，参加者43名。

通常総会（昭和53年度第100回，昭和54年５月26日）

場所　地学会館

出席者：坪井会長ほか36名，委任状によるもの213名，計249名

議　事：

1. 昭和53年度事業報告および収支決算について，質疑応答の上，これを承認した。
2. 昭和54年度事業計画および予算案を承認した。
3. 定款改正案について審議の上これを承認した。
4. 役員および評議員の一部改選について，開票結果どおりに選任した。

評議員会（昭和54年度第１回，昭和54年５月26日）

出席者：坪井会長ほか15名，委任状によるもの20名，計36名

議　事：

1. 理事の選出について
   次のものを理事に選出した
   川上喜代四，木内　信藏
   木村　達明，坂倉　勝彦
   佐藤　久，佐藤光之助
   末野　悌六，西川　治
   山内　肇。

会館委員会（54年度第２回，昭和54年６月５日）

出席者：末野副会長，山内委員長，梅沢，片山，川上，坂倉，佐藤，平山の各委員

議　事：

1. 集会室利用規程案
2. 会館特別会計運用規則案

以上各議案を検討し，理事会に提案することとした。また下記事項について確認した。

会館委員会４月５月収支，建築委員会からの引継資料，

会館委員会銀行口座開設，電気主任技術者選任届，

館内規則による責任者および連絡先。

定款検討小委員会（第14回，昭和54年６月６日）

出席者：渡辺委員長，斉藤，川上，岩生各委員

議　事：

定款改訂草案の逐条検討を終え，次回から改訂案の定稿（案）の検討にとりかかることを決定した。

理事会（昭和54年度第１回，昭和54年６月13日）

出席者：坪井会長，末野，木内各副会長，川上，木村，坂倉，佐藤(久)，佐藤(光)，西川，山内各理事，矢沢監事ほかに片山，前島前理事，岡山前監事

議　事：

1. 理事職務分担を次のごとく決定した。
   会計：木村達明
   庶務：川上喜代四
   編集：佐藤　久
   行事：西川　治
   会館：山内　肇
   なお，会員と図書担当については次回にきめる。
2. 東京地学会館特別会計運用規則を決めた。
3. 武内和彦の入会を承認した。
4. ノルデンショルド記念講演会に全面的に協力するため，木内，西川，前島，吉田栄夫の四氏を準備のための小委員会の委員に指名した。
5. 事務引継ぎ

編集委員会（昭和54年度第１回，昭和54年６月27日）

出席者：前島委員長，井上，神戸，五条，佐藤・式，浜田，前田，松田，茂木，山口委員

議　事：

第88巻４号の編集について審議した。

日本地学史資料調査委員会（昭和54年６月30日）

出席者：小林委員長，石山，今井，岡山，川上，土井，湊各委員

議　事：

1. 別刷の外国配布先（機関別）のリストを次回までに整備することにした。
2. 先輩の口述記録の今後の予定につき検討した。

「明治前日本地学文献集」もほぼ完成したので，今後の計画について審議した。

討小委員会（第15回，昭和54年7月4日）

：坪井会長，末野副会長，渡辺委員長，川上，斉藤，岩生各委員

：

定款改訂定稿（案）につき第24条までの逐条検討が行われた。また，若干の事項につき会長より質疑がなされた。

員会（54年度第3回，昭和54年7月5日）

：坪井会長，末野副会長，山内委員長，梅沢，片山，川上，坂倉，佐藤の各委員

：

集会室利用案内案を検討し，理事会に提案することとした。

集会室使用状況，会館会計預金残高および収支 a/c. 建築委員会からの引継資料，以上を確認した。

3. 委員長から会館使用事務責任者に川上委員，会館会計事務責任者に梅沢委員を委嘱した。

図書委員会（昭54年度第1回，昭和54年7月20日）

出席者：坂倉図書担当理事，河野，浜田，前島，戸谷，平山，岩生各委員

議事に入るに先立ち，坂倉理事より図書委員会発足に至る経過，図書の現状，当面する課題等について説明があり，理事会として岩生委員を委員長とすることが了承された旨紹介された。

次で委員長司会の下に，討議の結果，第一段階の作業に取りかかる事が決定された。

第88巻3号　松本達郎：海進・海退と海面変化

訂　正

ページ	行	誤	正
150	12（下から）	ブラジル西岸	ブラジル東岸
150	10（下から）	北西海岸地帯	北東海岸地帯

昭和53年度（第100回）収支計算書

昭和53年4月1日から昭和54年3月31日まで

昭和54年5月26日通常総会

貸借対照表

昭和54年3月31日現在

借方 摘要	借方 金額	貸方 摘要	貸方 金額
固定資産	円	基金	円
土地	2,225,340	基金	3,500,000
什器備品	2,624,497	基金合計	3,500,000
図書	706,113	運用資金	
有価証券	200,000	退職給与積立金	3,313,350
固定資産合計	5,755,950	預り金	2,609,834
流動資産		未払金	80,530
現金預金	10,771,576	百周年記念特別預り金	5,522,126
現金 263,693			
預金 10,507,883		運用資金合計	11,525,840
受託頒布図書	702,759	積立金	
未収入金	1,120,800	事業復興資金	265,209
		敷金返還積立金	297,700
流動資産合計	12,595,135	別途積立金	1,600,000
		剰余金	1,162,336
		本年度剰余金 1,703,077	
		前年度不足金 △540,741	
		積立金合計	3,325,245
合計	18,351,085	合計	18,351,085

財　産　目　録

昭和54年3月31日現在

科　目	前年度末残高	53年度末残高	比較増減額 (△)
産の部	円	円	円
定資産			
土地建物	8,201,265	2,225,340	△ 5,975,925
什器備品	2,624,497	2,624,497	
図書	706,113	706,113	
有価証券	200,000	200,000	
固定資産計	11,731,875	5,755,950	△ 5,975,925
動資産			
金	25,252	263,693	238,441
金	8,306,391	10,507,883	2,201,492
普通預金	2,095,780	5,756,585	3,660,805
第一勧業銀行			
飯田橋支店	385,567	1,553,716	1,168,149
麹町支店	1,460,110	2,978,208	1,518,098
〃 (寄付)		451,657	451,657
三菱銀行	250,103	336,228	86,125
〃 (寄付)		436,776	436,776
貸付信託	5,700,000	3,600,000	△ 2,100,000
住友信託	4,000,000	3,600,000	△ 400,000
安田信託	1,700,000		△ 1,700,000
金銭信託	332,518	667,533	335,015
住友信託	163,367	428,247	264,880
安田信託	169,151	239,286	70,135
振替預金	178,093	483,765	305,672
託頒布図書在高	248,280	702,759	454,479
集委員会勘定	2,400,000		△ 2,400,000
収入金	1,250,000	1,120,800	△ 129,200
流動資産計	12,229,923	12,595,135	365,212
資産合計	23,961,798	18,351,085	5,610,713
債の部	円	円	円
館敷金	6,640,000		△ 6,640,000
退職給与積立金	2,877,350	3,313,350	436,000
預り金	2,942,147	2,609,834	△ 332,313
未払金	4,000	80,530	76,530
百周年記念 特別預り金	400,210	5,522,126	5,121,916
負債合計	12,863,707	11,525,840	△ 1,337,867
差引正味資産	11,098,091	6,825,245	4,272,846

昭和53年度（第100回）収支計算書

昭和53年4月1日より昭和54年3月31日まで

科目	予算額	決算額
収入の部	円	円
(1) 会費収入	1,350,000	1,090,950
正会員	1,250,000	941,000
賛助会員	100,000	149,950
(2) 寄付金		200,000
(3) 基本財産収入	10,000	313,154
基本財産収入	10,000	313,154
(4) 運用財産収入	150,000	22,815
利子収入	150,000	22,815
(5) 印刷物収入	8,890,000	13,883,756
地学雑誌収入	1,890,000	1,474,960
受託頒布図書収入	7,000,000	12,408,796
(6) 建築委員会繰入	15,000,000	15,000,000
(7) 雑収入	125,000	150,350
広告料収入	120,000	149,950
雑入	5,000	400
収入合計	25,525,000	30,661,025

科　　目	予　算　額	決　算　額
支出の部	円	円
(1) 事務費	12,301,006	13,239,268
人件費	8,583,506	8,767,105
俸給給料	5,048,064	5,168,148
諸手当	2,537,358	2,667,711
謝金	70,000	70,000
福利厚生費	492,084	425,246
退職金	436,000	436,000
事務所費	3,717,500	4,472,163
消耗品費	200,000	187,113
印刷費	200,000	170,210
役務費	50,000	98,000
共益費		480,000
旅費交通費	60,000	41,460
通信運搬費	450,000	539,735
水道光熱費	360,000	513,008
租税公課	1,400,000	1,647,880
会議費	357,500	449,485
備品費		42,000
雑費	640,000	303,272
(2) 事業費	11,683,000	15,718,680
地学雑誌出版費	5,204,400	5,369,285
編集費	1,004,400	832,965
印刷製本費	3,840,000	4,198,160
発送費	360,000	338,160
受託頒布図書事業費	5,600,000	9,803,794
各種委員会費	580,600	400,901
図書室費	10,000	6,180
講演会費	108,000	65,410
調査研究費	80,000	68,620
地学功労者表彰費	100,000	4,490
(3) 予備費	1,000,253	
(4) 前年度繰越不足金	540,741	
支出合計	25,525,000	28,957,948
当期余剰金		1,703,077
合計		30,661,025

剰余金処分計算書

本年度剰余金	1,703,077円	これを次の通り処分する。
前年度不足金	540,741円	翌年度（昭和54年度）へ繰越　1,162,336円
当期末処分剰余金	1,162,336円	

昭和54年度（第101回）収支予算書

科目		前年度予算額	予算額	比較増△減額	
収入の部		円	円		円
(1)	会費収入	1,350,000	1,450,000		100,000
	正会員	1,250,000	1,330,000		80,000
	賛助会員	100,000	120,000		20,000
(2)	基本財産収入	10,000	0	△	10,000
	基本財産利子	10,000	0	△	10,000
(3)	運用財産収入	150,000	150,000		
	利子収入	150,000	150,000		
(4)	印刷物収入	8,890,000	12,515,000		3,625,000
	地学雑誌収入	1,890,000	1,890,000		
	受託頒布図書収入	7,000,000	10,625,000		3,625,000
(5)	会館特別会計より繰入金	15,000,000	15,000,000		
(6)	雑収入	125,000	125,000		
	広告料収入	120,000	120,000		
	雑入	5,000	5,000		
	収入合計	25,525,000	29,240,000		3,715,000
(7)	前年度繰越剰余金	0	1,162,336		1,162,336
	合計	25,525,000	30,402,336		4,877,336

科　　目	前年度予算額	予　算　額	比較増減額
支出の部	円	円	円
(1) 事務費	12,301,006	12,599,332	298,326
人件費	8,583,506	8,819,832	236,326
俸給給料	5,048,064	5,278,752	230,688
諸手当	2,537,358	2,342,460	△ 194,898
謝金	70,000	250,000	180,000
福利厚生費	492,084	512,620	20,536
退職金	436,000	436,000	
事務所費	3,717,500	3,779,500	62,000
消耗品費	200,000	200,000	
印刷費	200,000	200,000	
役務費	50,000	50,000	
旅費交通費	60,000	60,000	
通信運搬費	450,000	480,000	30,000
水道光熱費	360,000	600,000	240,000
租税公課	1,400,000	1,800,000	400,000
会議費	357,500	289,500	△ 68,000
雑費	640,000	100,000	△ 540,000
(2) 事業費	11,683,000	15,736,800	4,053,800
地学雑誌出版費	5,204,400	5,118,000	△ 86,400
編集費	1,004,400	918,000	△ 86,400
印刷製本費	3,840,000	3,840,000	
発送費	360,000	360,000	
受託頒布図書事業費	5,600,000	8,500,000	2,900,000
各種委員会	580,600	1,308,800	728,200
図書室費	10,000	100,000	90,000
図書整備費	0	50,000	50,000
図書購入費	10,000	50,000	40,000
講演会費	108,000	110,000	2,000
調査研究費	80,000	500,000	420,000
地学功労者表彰費	100,000	100,000	
(3) 予備費	1,000,253	2,066,204	1,065,951
(4) 前年度繰越不足金	540,741		△ 540,741
支出合計	25,525,000	30,402,336	4,877,336
合　計	25,525,000	30,402,336	4,877,336

Journal of Geography
Vol. 88, No. 4 (832), 1979

地学雑誌 第832号 昭和54年8月20日印刷 昭和54年8月25日発行

編集兼発行者 前島郁雄

発行所 社団法人 東京地学協会 東京都千代田区二番町12-2
郵便番号 102 電話東京(261)0809番 振替口座東京 66278番

印刷所 一ツ橋印刷株式会社 東京都品川区上大崎3-12-15

東京地学協会取扱い出版物

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

各 460円
〒 400円

上松
足尾
厚田
阿仁合
赤穂
秋葉山
岩内
飯田
今治西部
伊予三崎
岩館
宇部
宇部東部
襟裳岬
渡島小島
飫肥
大垣
大迫
大畑
近江長浜
大屋市場
鬼鹿
尾花沢
小浜
蟹田
海南
唐津
冠島
霧島山
串本
鞍岡
甲府
国分
昆布森
猿留
須坂
垂水
田沢湖
但馬竹田
丹後由良
妻籠
土淵
都農
津山東部
都井岬
当別
動木
苫前
富高
那智山
男体山
西方
沼田
鰐崎
八丈島
春立
羽幌
浜益
東茂住
登岳
平戸
人首
船津
幌加内
本岐
幌泉
母衣月
神子元島
三日市
三厩
門別
焼尻島
吉野山
呼子
留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖
網走
荒島岳
伊万里
内の浦
遠別
雄冬
渡島大島
大村
奥津
鹿屋
上里
蠣ノ浦
加子母
金木
加治木
北見
草津
小口瀬戸
国領
佐用
志布志
城端
周匝
男女群島
鷹巣
達布
田並
太良鉱山
近川
智頭
月形
徳舜瞥
仁位
西徳富
根雨
羽島
初浦
肥前高島付野母崎
日向青島
美幌
肥前江ノ島
弘前
深浦
三島
三田井
焼石岳
涌谷
若柳

各 890円
〒 450円

▲伊東
五所川原
田老
妹背牛
△横田
脇野沢

850円 〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

▲栗栖川
竹田
蓼科山
▲若桜

2,390円

〒 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜
伊良部島
岩沼
▲稲取
魚津
渡島福島
川尻
金華山
熊石
久遠
五城目
尻屋崎
▲修善寺
▲下田
竹貫
多良間島
鶴居
利島
富江
那珂湊
野尻
彦根東部
都城
▲屋久島西南部
八雲
陸奥川内
米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田
▲小諸
知内
大樹
館
多里
▲大正
津幡
飛騨古川
▲宮古島北部

各 1,840円
〒 450円

秋田
上石見
▲木古内
本荘
▲神門
八が岳
▲潟沢

各1組 600円
〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ浦
大槌・霞露岳
大間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡浜
掛塚・見付

1/20万 地質図　各 〒 300円

各440円

石巻
大分
男鹿島
唐津
高知
野辺地
羽幌
松山
輪島
伊良湖岬

各 620円

青森
網走
酒田
新庄
標津
苫小牧
浦河
宮津
稚内

各 870円

岩内
天塩
広尾
尻屋崎

各 1,140円

根室
鳥取
剣山
斜里
留萌

各 1,310円

宮古島
知床岬
釧路
豊橋
野母崎

各 1,870円

静岡および御前崎
旭川

2,350円

弘前および深浦

1/7万5千 地質図 説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首
高松
徳島
勿来

1/50万 地質図

1,950円

福岡

500円

八丈島
奄美大島

2,320円

釧路

以上〒 300円

地学雑誌 隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 5 (833), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物

（▲印新刊）

各　〒400円

▲1/200万	日本鉱床分布図帯(17-2,3,4)	3,010
▲1/200万	日本の熱水変質分布図(19-1)	1,540
1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 20万	中部地方領家帯	2,010
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質 ▲(地質図説明書組の場合) 3,230	2,500 1,080
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/　5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 ｝組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
1/100万	日本地質図	4,690 〒500

海洋地質図　各　〒400円

1/ 20万	(Ⅰ)	甑島周辺海域海底地質図	1,680
1/ 20万	(Ⅱ)	対島五島海域表層地質図	1,350
1/ 20万	(Ⅲ)	相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(Ⅳ)	相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(Ⅴ)	紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(Ⅵ)	紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(Ⅶ)	琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(Ⅷ)	西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(Ⅸ)	八戸沖表層堆積図	2,350
1/ 20万	(Ⅹ)	八戸沖海底地質図	1,970
1/100万	(Ⅺ)	日本海溝, 千島海溝南部	2,650
▲1/ 20万	(Ⅻ)	西津軽海盆表層堆積図	2,440

日本油田ガス田図	(Ⅰ)	青　山　奥	820
〃	(Ⅱ)	横　　浜	820
〃	(Ⅲ)	横　須　賀	820
〃	(Ⅶ)	魚　　沼	3,410 〒750
〃	(Ⅷ)	本　　宿	1,510
〃	(Ⅸ)	七　　谷	820
〃	(Ⅹ)	茂　　原	2,140
〃	(Ⅺ)	佐　　渡	1,510
同　上	説　明　書	佐　　渡	1,510

日本水理地質図　各　〒400円

(Ⅳ)	山梨県釜無川および笛吹川流域	650
(Ⅴ)	香東川・土器川・財田川流域	650
(Ⅵ)	愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域	650
(Ⅶ)	千葉西部	650
(Ⅷ)	奈良県大和川流域	650
(Ⅺ)	長野県松本盆地	650
(Ⅻ)	兵庫県南西部	650
(XⅢ)	佐賀・福岡県筑後川中流域	650
(XV)	都城盆地	650
(XVI)	仙台湾臨海地域	840
(XVII)	高知県・鏡川・国分川および物部川流域	650
(XVIII)	福岡・大分山国川および駅館川流域	650
(XIX)	熊本県白川および黒川流域	650
(XX)	鳥取県日野川流域	840
(XXI)	福岡県矢部川中流域	840
(XXII)	山梨・長野県釜無川上流域	1,110
(XXIII)	長野・群馬県湯川および吾妻川流域	1,390
(XXIV)	長野県千曲川中流域	1,390
(XXV)	島原半島	1,510
(XXVI)	長崎県諫早北高地区	1,260
(XXVII)	長野県上川柳川及び宮川流域	1,260
(XXVIII)	福島県郡山盆地	1,390

空中磁気図　各　〒450円

(Ⅰ)	酒田-村上-弥彦-糸魚川海域	1,030
(Ⅱ)	稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域	1,030
(Ⅲ)	浜頓別―雄武―網走海域	590
(Ⅳ)	御前崎―浜松―豊橋海域	590
(Ⅴ)	西九州長崎―川内海域	590
(Ⅵ. Ⅶ)	気仙沼-岩沼-盤城-日立-鹿島-鴨川海域	1,030
(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ)	厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域	1,030
(Ⅺ Ⅻ)	輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域	1,030
(XⅢ)	福井-豊岡-隠岐海域	590
(XⅣ. XⅤ. XⅥ)	豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域	1,550
(XⅦ, XⅧ)	天北-十勝地域	590
▲(XⅨ. XX)	日高―大雪地域	590
▲(XXⅠ. XXⅡ)	奥尻―津軽―西津軽―男鹿半島―酒田海域	1,030
▲(XXⅢ)	五島列島―野母崎―男女群島―甑島海域	1,030

各〒450円(ただしⅠ, Ⅱ, Ⅲは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃 870円)

日本炭田図	(Ⅰ)	常磐炭田図ならびに説明書	1,7[illegible]
〃	(Ⅱ)	北松	2,9[illegible]
〃	(Ⅲ)	留萌炭田大和地区	7[illegible]
〃	(Ⅳ)	常磐炭田泉地域	7[illegible]
〃	(Ⅴ)	釧路炭田新縫別地域	7[illegible]
〃	(Ⅵ)	石狩炭田空知区東芦辺地域	1,3[illegible]
〃	(Ⅶ)	釧路炭田北西部	1,3[illegible]
〃	(Ⅷ)	雨竜―留萌	2,9[illegible]
〃	(Ⅸ)	佐世保市南西部新	1,3[illegible]
〃	(Ⅹ)	新潟県赤谷	1,3[illegible]
〃	(Ⅻ)	佐世保市西南部地域ならびに説明書	1,7[illegible]
〃	(XⅢ)	天北炭田地質図	4,1[illegible]
		天北炭田炭層対比図炭柱図	2,65[illegible]

Geology and Mineral Resources of Japan
〒都内 600円　　第一地帯　720円
第二 〃　820円　　第三 〃　920円
並製 3,780円



写　真　1

・ワンカベリカ付近の石灰華段丘

Lima）の東方に当るアンデス山中に
約ながら著しく大規模な石灰華地形の
地域がある。ペルーアンデスには石灰
地が多いにも拘らず，公道沿いでこの
がみられる場所は，他にはないようで

は，ワンカベリカ（Huancavelica）の
，アコスタンボ（Acostambo）付近の
（R. Mantaro）川の西岸に生じたシ
で，左からa）現在は侵食段階にある
華段丘（崩崖部が黒くみえる　b）前
に生じた発育中の石灰華段丘，c）同
後まもない萌芽。c）は塔状シンターの
えるが，実際は石灰華瀑布である。3
高100 m内外の最上位河成段丘の段丘
て形成され，足元では河流の攻撃をう
バーハングすると同時に，無数の鍾乳
させている（写真 2）。
ワンカベリカ付近でワンカベリカ川
流の谷を埋めて広がるシンター段丘。
面の状態と崩壊の進み具合から新旧3
区別できるが，石灰華を沈澱させる水
して地下水系起源であることから，河
違って，新旧シンターの上下および河
高さの関係は不定である（写真 3, 4）。
灰華層は，沈積途上に，付近からの崩
泥流による土石などの堆積をも受ける
部にそれらからなる固結不十分な層や
乱雑に挟みこんでいる。その部分は，
が侵食期に入ると崖面のノッチ状の窪
なって，上部層の崩壊を促進する（写

以上の石灰華段丘はU字谷底の堆積物
モレーンに覆われているらしくみえ
ある。成長，停止・破壊，再生の繰り
因も，第四紀後半の気候変化と関係し
かも知れない。　　　　（佐藤　久）



写　真　2



写 真 3



写 真 5



写 真 4

地学雑誌 88, 5 (1979)

房総半島中部湊川・小櫃川流域の新生代後期黒滝層について

川辺鉄哉* 福田鉄雄**
川畑憲之*** 前田四郎*

The Late Cenozoic Kurotaki Formation Distributed from the Minato River-Area to the Obitsu River-Area, Central Boso Peninsula

Tetsuya KAWABE, Tetsuo FUKUDA, Noriyuki KAWABATA, and Shiro MAEDA

Abstract

The sedimentation of the base, litho-facies near the base, the key bed and the sedimentary environment of the formation, were studied on the Kurotaki Formation, which is distributed from the Minato river-section in the west, to the Obitsu river-section in the east, over the Boso Peninsula.

1) The Kurotaki Formation lies on the Anno Formation unconformably at most places, for instance, the Takamizo-section, northern Mitsuishi mountain-section where the basal part of the formation varies its litho-facies and contains fossiliferous and impure limestone.

2) Two types of litho-facies were recognized in the formation except at the basal conglomerate. One is the silty sandstone facies intercalated many tephras, the other is the massive tuffaceous sandstone facies that is very rare of tephra. Both facies are rhythmically repeated from the lower horizon to the upper one and useful for the observation of the correlation of the formation in the area.

3) 2 set of tephras which had hitherto been known as Kd 23(≒TM 1)and Kd 38 (≒TM 3) in the area were investigated. As the result, it is clear that the former does not continue at a few sections, but the later continues roughly.

4) Except above 2 tephras, 5 new tephras, namely TM 2, TM 4-7 in descending order were found. Among them, TM 2 consisting of coarse-grained scoria is most important as a key bed because this tephra ranges horizontally so long all over the area.

5) The beginning of the deposition of the formation in this area was roughly the same period. But more exactly speaking, from the distribution of new tephra TM 4-7, the sedimentation of the basal part of the formation was formed in different time.

* 千葉大学理学部地学教室 Departmeot of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University
** 東京都貫井中学校 Nukui Junior High School, Tokyo
*** 東建地質株式会社 Tōken Geotechnique Co. Ltd., Tokyo

Therefore it is assumed that the Kurotaki transgression might be brought to fill up the depressed ground which had been formed by folding before the Kurotaki transgression.

6) Judging from the tephra of TM 3-7, the Mitsuishi mountain area was the land until the beginning of the deposition of TM 3.

7) After the deposition of TM 3, the area surrounding the western and eastern sides of the Sasa river-section was deposited in the deeper sea than the Mitsuishi mountain area was.

8) We knew by the litho-facies that the eastern part of the surveyed area was deeper in the sea than the west area, when TM 1, 2 were deposited.

I. 緒　言

房総半島に分布する上総層群最下部の黒滝層は半島中部に位置し，西は東京湾側の湊川流域から東は太平洋側の鵜原海岸にかけて連続する。黒滝層と下位層との関係は多くの場所で不整合で，そしてこの不整合は南関東地域における重要な不整合の一つと考えられ，これまで数多くの研究（植田：1930，他）があり，またその形成機構についても種々の意見が出されている。筆者らはこの黒滝不整合の特徴を解明する目的をもって，西は湊川から東は小櫃(おびつ)川までの東西約16kmの間の地域を研究対象に選び，1977～79年の春にかけ，のべ約160日を費し野外調査を行い，その結果を川辺，前田がとりまとめた。そして野外調査に当っては黒滝層と下位の豊岡亜層群安野(あんの)層との関係，黒滝層の岩相，特に下部層準の岩相上の特徴，黒滝層中に狭在する火砕岩鍵層の詳細な垂直的および水平的分布等を明らかにすることに努めた。

本研究はまだ充分なものではないが，今回の研究によって明らかになった諸事実と若干の考察とを記してみたい。

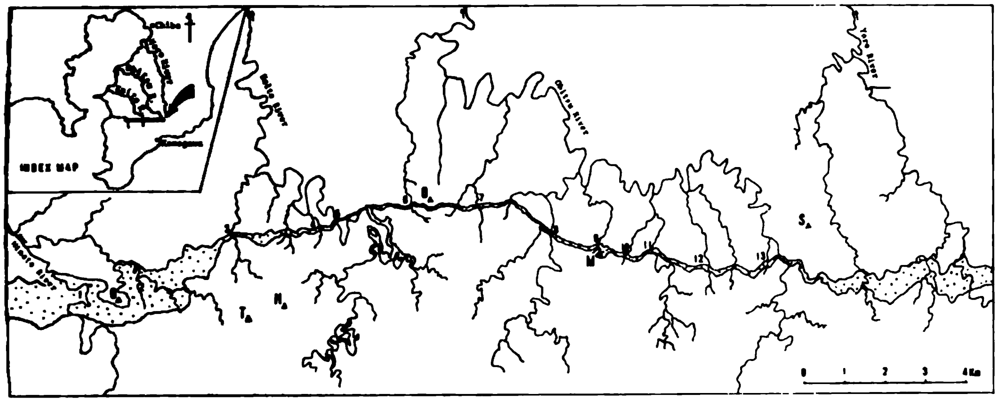
本文を草するに当り，野外調査をはじめ種々御支援頂いた本教室の沢野　弘，小林博明，今宮　謙，椿　正明，横川生朗，斉藤　敦，高橋真二，佐々木康雄，石沢昌巳，大山直見の諸氏に対して心から感謝の意を表する。

II. 研 究 史

黒滝層に関する研究は多いが，その主なものについてあげる。植田（1930）は黒滝不整合を境として佐久間・黒滝両層群を区別し，両層群は不整合関係にあると指摘した。沢田（1939）は太平洋岸の勝浦地域の地質を調べ，三土知芳の研究結果を引用し，下位の安野層とその上位の勝浦層とは不整合であると報告した。小池（1951）は黒滝層の岩相，黒滝不整合の特徴ないし形成について論じた。また，藤田・鷹山（1952・53）は関亜層群下部層の堆積機構を考察し，房総研究グループ（1953）は，不整合の上位の関亜層群は東から西へつぎつぎと沈降が進行するにつれて堆積が急速に進んだために生成したものであることを指摘した。その後，三梨（1954）は安野層の火砕岩鍵層を追跡し，従来不整合面が下位の地層と平行と考えられていたが，実際は不整合面が下位層と斜交することを明らかにした。これをさらに明確にしたのは房総団体研究グループ（1964）で，不整合の下位の安野層の削剝量が数10～数100mに及ぶことから，不整合の形成は波浪のみによる海底侵食によるものではなく，陸化して侵食をうけたことを明らかにした。大原・高橋（1975）は黒滝層の貝化石と安野層の火砕岩層とを研究し，安野層の火砕岩鍵層により安野層の層厚は東西で約150mの変化が認められ，これは不整合現象による侵食量の差である可能性が強いとした。また浅賀（1974～77）は黒滝層の堆積環境を二枚貝類の化石の立場から論じた。中嶋（1978）はフリッシュ堆積物の縁辺相として安野層・黒滝層・黄和田層を研究し，多くの火砕岩鍵層を報告している。

III. 地 質 概 観

調査地域西部の湊川流域から東部の小櫃川流域にわたる間の黒滝層は，高宕山付近および寂光(じゃっこう)不動山付



第1図　調査地域の黒滝層の分布と柱状図の作成地点（1～13）
1：湊川，2：高溝，3：高宕沢，4：ジイガ沢，5：小糸川，6：大阪沢，7：三川谷東，8：笹川，9：三石山北，10：三石山東，11：猪ノ川川底（第5図の11'は猪ノ川林道），12：加勢，13：追原西，O：大塚山（東側），T：高宕山，H：八良塚，O：大塚山（西側），M：三石山，S：石尊山

近に分布するものを除けばほぼ東西性に狭長にのびる。黒滝層を最下部層とする上総層群は，黒滝層の分布する北側に順次，より上位層がほぼ東西方向ののびをもって分布する。一方，黒滝層より下位の豊岡亜層群は黒滝層の南側に分布し，本調査地域東部の小櫃川流域では下位から清澄層，安野層に区分される。本地域西部の湊川流域の豊岡亜層群の岩相は，東部の小櫃川流域のそれらとは非常に異なっている。すなわち，調査地域内での西部の湊川流域の豊岡亜層群は岩相に基づき，下位から千畑（せんばた）礫岩層，稲子沢泥岩層，安野層，萩生（はぎゅう）火砕岩層に区分されている。ここの豊岡亜層群の地質構造上の特色は，東西方向に軸をもつ向斜・背斜構造を形成することである。豊岡亜層群に発達するこのような地質構造は黒滝層を境として，その北側に分布する上位の上総層群の単斜構造とは非常に異なる。このことは西部の湊川流域から東部の養老川流域に分布する新生界にみられる地質構造上のきわめて興味深い特徴である。

IV. 黒滝層基底の形状と下部層準の岩相

本層の下部層準の礫岩まじりの粗粒砂岩相は三梨（1954）の竹岡相に相当する（後述）。この岩相の上位に位置して三梨（1954）の十宮相が存在する。後者の岩相は主として凝灰質砂岩からなるが，しかしこの岩相は上方に向って次第に泥質に変化し，やがて泥岩を主体とする黄和田層に移行する。黒滝層の上部層準の，この泥質岩は風化面では暗灰色であるが，新鮮な面では淡灰色ないし緑色をおびた暗灰色を呈する。黒滝層の上部層準の泥質岩とそこに挟在する火砕岩との境界面は，黒滝層の下部層準に発達する火砕岩と砂岩との境界面よりはるかに鮮明である。このことは泥質岩中の火砕岩層が砂質岩中のものより保存されやすいためであろうとおもわれる。

また黒滝層の最下部層準には二枚貝化石の破損したものが豊富であるが，中部層準から上部層準になると二枚貝化石はかなり少なくなる。また高宕沢から大阪沢にかけての地域では黄和田層へ漸移する部分にやや保存の良い二枚貝化石を産する。

次に各地区ごとに黒滝層と安野層との関係および黒滝層の下部層準の岩相について，調査地域内の西側から東側へ向って順次に述べる（第1・3図）。

1. 湊川地区

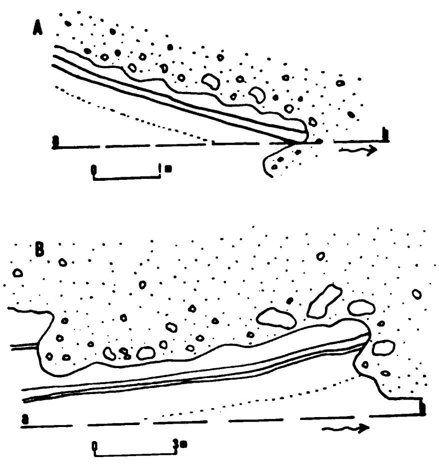
A. 不整合面：当地区は調査地域内で，下位との不整合関係が最もわかりにくく，明瞭な侵食面は観察できなかったが，湊川河床では黒滝層はクロスラミナや二枚貝化石や礫などの存在する岩相から上位であ

るといえる。

B．岩相：礫岩相で，上述のとおりクロスラミナが発達し，著しく磨滅した二枚貝化石片を多量に含み，また中・古生層由来のチャートや珪質黒色頁岩からなる径2～3mmの小円礫や，シルト岩の小角礫などを含む，礫岩の基質は部分的に石灰質である。厚さ5～7m*，なお第3図には表わしてないが最上部層準には厚い異常堆積相が見られる。

2．高溝地区

A．不整合面：明瞭な侵食面が少なくとも3カ所の露頭で観察される。すなわち高溝の南方（大塚山の北）で大塚山に起源をもち，高宕川に合流する支流に1ヵ所と，高宕川本流に東から流入する支流に2ヵ所（第2図）がそれぞれ観察される。



第2図　不整合の露頭（上方が黒滝層，下方が安野層）
A：高溝の南，B：高溝の東南
a-b：水面

B．岩相：著しく磨滅した二枚貝化石片を多量に含み，また中・古生層由来のチャートや珪質黒色頁岩からなる径2～3mmの小円礫や，シルト岩からなる小角礫等を含む塊状・無層理の礫岩相である。また，不整合面直上には，シルト岩や凝灰質砂岩からなる径40～60cmの亜円礫から円礫が散在している。なお本層の上部に発達する凝灰質砂岩相は十宮相に相当し，十宮相の基底に径5～10cmのシルト岩やセラドナイトを含む凝灰質砂岩の亜円礫から円礫が存在する。厚さ15～20m。なお最上部層準に異常堆積層が存在する。

3．高宕沢地区

A．不整合面：高宕沢の支流（高宕沢第1トンネルの東）では明瞭な不整合関係がみられる。

B．岩相：シルト岩や凝灰質砂岩の径10～30cmの亜円礫から亜角礫を含む礫岩よりなり，ときには良円礫を含む。基質は凝灰質の中粒から粗粒砂岩で，しばしば二枚貝化石片を含む。厚さ1～1.5m。

4．ジイガ沢地区

A．不整合面：著しい侵食面はみられなかったが，安野層と黒滝層とは不整合であろう。

B．岩相：礫岩はほとんど存在しないが，不整合面直上に，二枚貝化石片を含む凝灰質砂岩が重なる。厚さ3～4m。

5．小糸川地区

A．不整合面：小池(1951)，三梨(1954)，山岸・佐野（1955）がすでに指摘したように下部の安野層上に黒滝層が不整合関係をもって重なる。

B．岩相：ジイガ沢と同様に，礫岩はほとんど存在しない。不整合面直上の凝灰質砂岩は塊状であり，また二枚貝化石片を多量に含む。

6．大阪沢地区

A．不整合面：安野層がえぐられて生じた窪地を埋めるような形態を示して堆積しており，明白な不整合関係が観察される。

B．岩相：基底礫岩は見られないが，不整合面直上に二枚貝化石片を含む凝灰質砂岩がのる。

7．三川谷東地区

A．不整合面：下位の安野層は異常堆積を示し，この異常堆積の層理を切って黒滝層が分布する。

B．岩相：シルト岩や凝灰質砂岩の径10～30cmの亜角礫から亜円礫が凝灰質砂岩中に散在し，またこ

* 礫まじりの黒滝層の下部層準の岩相の厚さで，黒滝層そのものの厚さを示すものではない。以下同様。

の凝灰質砂岩中には二枚貝化石片を含む。厚さ0.5m。

8. 笹川地区

A. 不整合面：笹川の川底で観察すると，東岸から西岸へ行くにつれて不整合面は次第に下位の安野層の層理を切っているのがわかる。

B. 岩相：シルト岩や凝灰質砂岩の径10～30cm の亜角礫から亜円礫を含む凝灰質砂岩で，その中に二枚貝化石片を含む。厚さ0.5～1m。

9. 三石山北地区

A. 不整合面：明瞭な傾斜不整合の形態を示す。

B. 岩相：基底に厚さ約1.8m の石灰岩が存在し，その上に厚さ約0.2～0.3m の層状石灰岩および石灰質砂岩や凝灰質砂岩の角礫から亜角礫がみられる。厚さ2.5～3m。

10. 三石山東地区

A. 不整合面：侵食面は明瞭でない。

B. 岩相：三石山観音から東側へ降る沢の途中に径10～30cm のシルト岩礫や凝灰質岩礫からなる礫相が観察でき，また二枚貝化石片を多量に含み，ラミナのある細礫岩相もみられる。

11. 猪ノ川地区

A. 不整合面：黒滝の西，すなわち左岸の露頭では不整合面は明瞭ではない。

B. 岩相：凝灰質砂岩やシルト岩の径10～30cm の亜角礫から亜円礫を含む凝灰質粗粒砂岩で，また二枚貝化石片を多く含む。厚さ2～3m。

12. 加勢地区

A. 不整合面：基底礫岩を伴い明瞭である。

B. 岩相：シルト岩や凝灰質砂岩の径20～30cm の亜角礫が散在する凝灰質の中粒から粗粒砂岩である。厚さ0.5～1m。

13. 追原西地区

A. 不整合面：明らかに安野層の層理を切って不整合関係をもって黒滝層が重なる。

B. 岩相：シルト岩の小角礫や粗粒のスコリアおよび浮石からなる細礫岩相を示し，二枚貝化石片を多く含む。また基底から上位約50cm の層準に径10～30cm の凝灰質砂岩やシルト岩からなる亜角礫を含む。厚さ2～3m。

V. 黒滝層の層厚変化

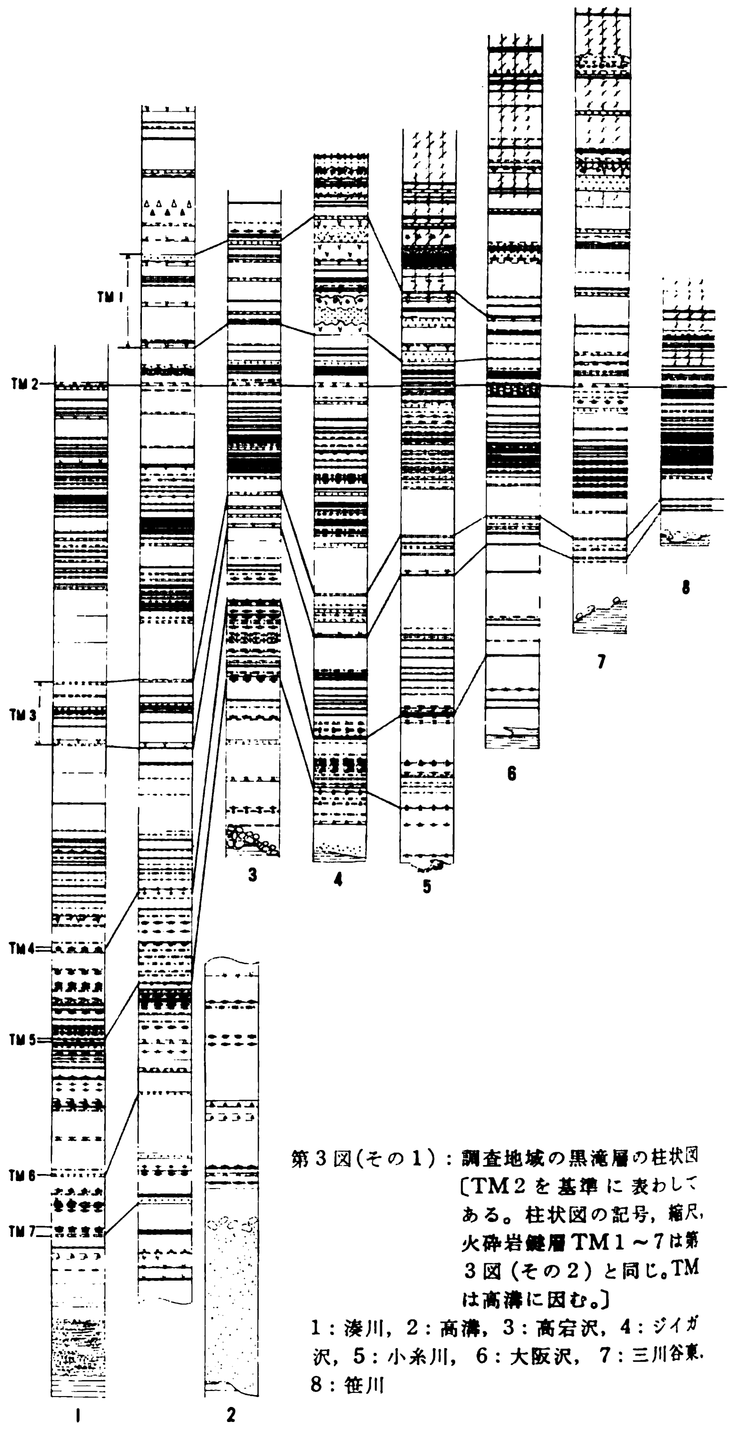
調査地域西部の湊川から東部の追原西地区までの間の黒滝層の層厚変化は第4図に示すとおりである。一般にいえることは，三石山北地区を中心としてそれより東または西へいくにつれて黒滝層の厚さがそれぞれ増大することである。そして追原西地区のさらに東方の養老川では黒滝層の厚さは非常に厚く約320m（三梨・安国・品田：1959）になる。黒滝層中の同一時間面を示す火砕岩鍵層 TM1から TM3，また TM4から TM7（新称）までのそれぞれの層厚については次のVIの D)，E) 項で述べる。

VI. 黒滝層中の火砕岩鍵層について

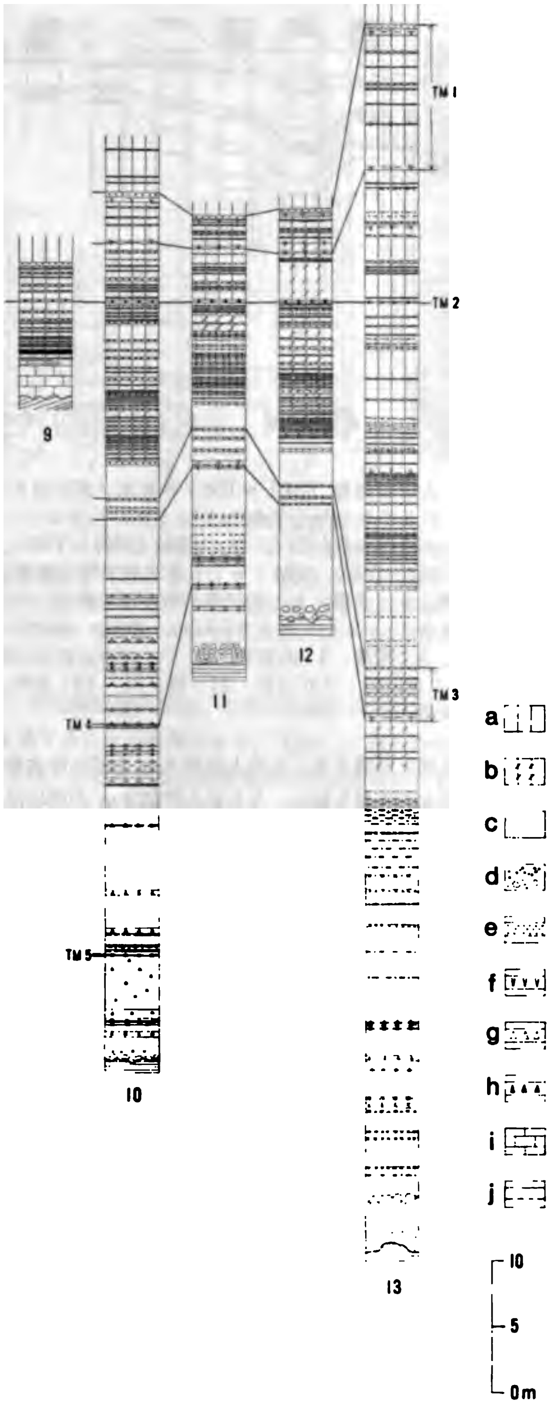
黒滝層中には厚さ10～30cm のゴマシオ状凝灰岩やスコリア，軽石，白色ないし灰色細粒凝灰岩などが数多く挟在する。これら火砕岩鍵層の追跡調査に際しては次に述べる黒滝層の堆積上の特徴を把握して，そのうえで火砕岩鍵層を追跡することが極めて効果的であり，特に隣接する地区（渓谷）での地層対比には重要である。

A) 堆積状況

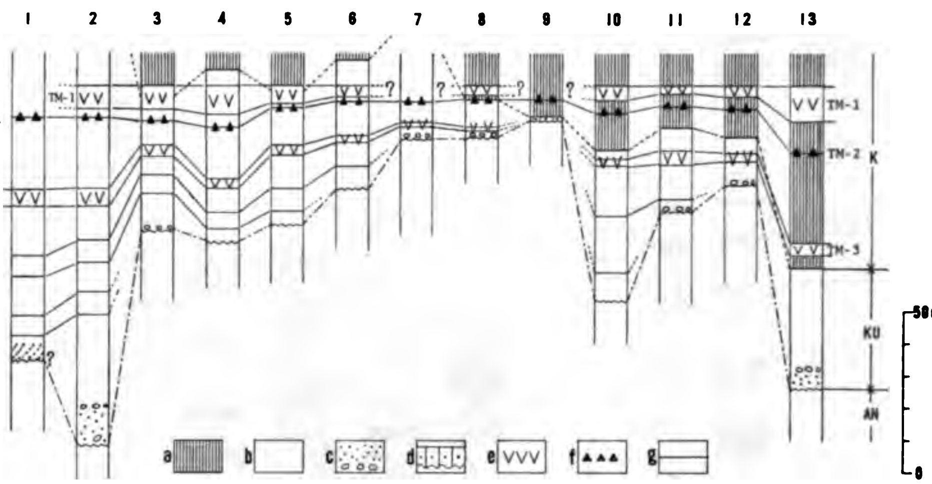
黒滝層に挟在する火砕岩層の堆積状況を小糸川地区（第3図の5）を模式として基底から上方に順次記述すると次のようである。基底から上位，17～18m の間には多くの火砕岩層を挟み，それらはシルト質砂



第3図(その1)：調査地域の黒滝層の柱状図〔TM2を基準に表わしてある。柱状図の記号，縮尺，火砕岩鍵層TM1～7は第3図（その2）と同じ。TMは高濤に因む。〕
1：湊川，2：高濤，3：高宕沢，4：ジイガ沢，5：小糸川，6：大阪沢，7：三川谷東，8：笹川



(その2)：調査地域の黒滝層の柱状図〔TM2を基準に表わしてある。柱状図の記号,縮尺,火砕岩鍵層 TM1～7は第3図(その1)と同じ。不整合面下位の横線部分は安野層を示す。〕
岩，b：砂質泥岩，c：凝灰質砂岩，
岩，e：ゴマシオ状凝灰岩，f：白色
g：軽石，h：スコリア，i：石
j：岩相境界（実線は明瞭なもの，点
明瞭なもの）9：三石山北，10：三石
11：猪ノ川，12：加勢，13：追原西



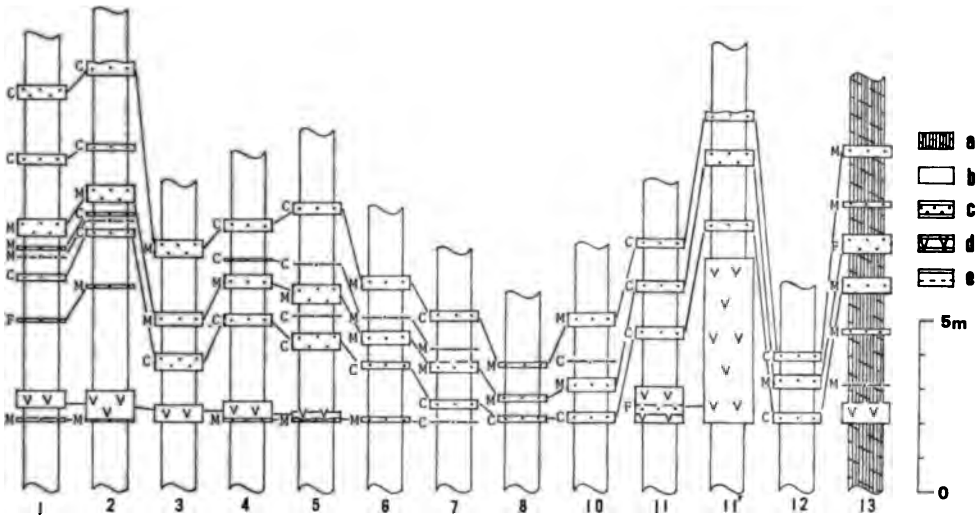
第４図　火砕岩鍵層 TM１～TM７の対比（第３図をまとめたもので，TM１，２を対比の基準にしてあらわしてある。）
TM１：≒To２＝Kd 23（三梨：1954, 1959），TM２：スコリア（新称），TM３≒To１＝Kd 38（三梨：1954, 1959），TM４～７：黒滝層下部の鍵層（新称），AN：安野層，KU：黒滝層，K：黄和田層，a：泥岩，b：凝灰質砂岩～細粒砂岩，c：礫岩・砂岩，d：石灰岩，e 凝灰岩（複数枚の組合せ），f：スコリア（単層），g：スコリア，浮石，凝灰岩（TM４，５以外は単層），１：湊川，２：高溝，３：高宕沢，４：ジイガ沢，５：小糸川，６：大阪沢，７：三川谷東，８：笹川，９：三石山北，10：三石山東，11：猪ノ川，12：加勢，13：追原西（１～13の地名は第１，２図に一致する）

岩と共に頻互層を形成する。この上位約３m の間には火砕岩層を挟まない。さらに上位，約３m の間には４～５枚の火砕岩層を挟む，さらに上位約４m の間には火砕岩層を全く挟まず，この層準と上位の黄和田層の最下部との約17m の間には数多くの火砕岩層を挟み，それらはシルト岩と頻互層を形成している。つまり，第３図の５に示すように頻互層としてその中に火砕岩層を多く挟む部分と，また火砕岩層を殆んど挟まず，やや塊状の泥質砂岩部分との両者のくり返しから特徴づけられる堆積上のリズムが明瞭に認められる。小糸川地区で明らかなこのような堆積上のリズムが，他の地区でどのようになっているかを検討し，観察した結果，この堆積上のリズムは調査地域内では，すべての地区において明らかに存在しているのみならず，水平的にもよく連続することが正確に判明した（第３図）。この堆積上のリズムと鍵層との関係はC）項で述べるように層序の対比には極めて重要なことと考える。

B）火砕岩鍵層，TM３と TM１の連続性について

火砕岩鍵層の TM３* とは三梨（1954）のほぼ To１（kd 38）に相当し，また TM１は三梨（1954）のほぼ To２（kd 23）に相当し，この２つの鍵層を水平的に追跡した。その結果，次のことがいえる。すなわち下位の TM３は火砕岩の組み合せの種類（第５図参照）が場所によって変る。しかし，火砕岩の組み合せは変ってもほぼ東西（三石山北地区を除く）に大局的には追跡できる。これに対して上位の TM１は西の湊川地区から大阪沢地区までは追跡でき，その東方，すなわち大阪沢地区から三川谷東，笹川地区を経て，三石山北地区に至る間は確認することができない。

* 本文で記述する火砕岩鍵層は高溝を模式地としているので，それらの名称は TM に番号をつけ，かつ，便宜上，上位から順に下位に番号づけを行ってある。すなわちそれはある調査地区では下部層準の火砕岩鍵層を欠いているところがあるため，便宜上，このように行った。



第5図　火砕岩鍵層 TM 3（≒To 1 ＝Kd 38）の詳細な構成
a：砂質泥岩，b：凝灰質砂岩～細粒砂岩，c：ゴマシオ状凝灰岩，d：白色細粒凝灰岩，e：岩相境界（実線は境界が明瞭なもの，点線は境界が不明瞭なもの），C：粗粒，M：中粒，F：細粒，1：湊川，2：高溝，3：高宕沢，4：ジイガ沢，5：小糸川，6：大阪沢，7：三川谷東，8：笹川，（9：三石山北では TM 3 が欠如しているため，省略），10：三石山東，11：猪ノ川，11'：猪ノ川（林道での厚層を示す），12：加勢，13：追原西

また高溝地区から大阪沢地区までの TM 1 中の白色細粒凝灰岩は，三石山東地区の谷以東のものよりも般に厚く，特にジイガ沢地区では約1.5m にも達することが特徴である。しかし，組み合せと層厚とは化はしても，大阪沢地区の西方に認められる TM 1 に相当する火砕岩層が三石山東地区にも出現してい。この事実は第6図をみるとわかる。すなわち，TM 1 の下位の TM 2（新称）のスコリア層を基準にて，その上位の火砕岩鍵層を10分の1の縮尺で記載しつつ，詳細に調査してみた結果，この事実が判明た。このように三川谷東，笹川，三石山北の地域を境としてその西方地域とまたその東方地域とで，火岩の種類，構成枚数，厚さに変化があることは極めて重要な事実である。

C）　新たに発見された重要な鍵層，TM 2 について

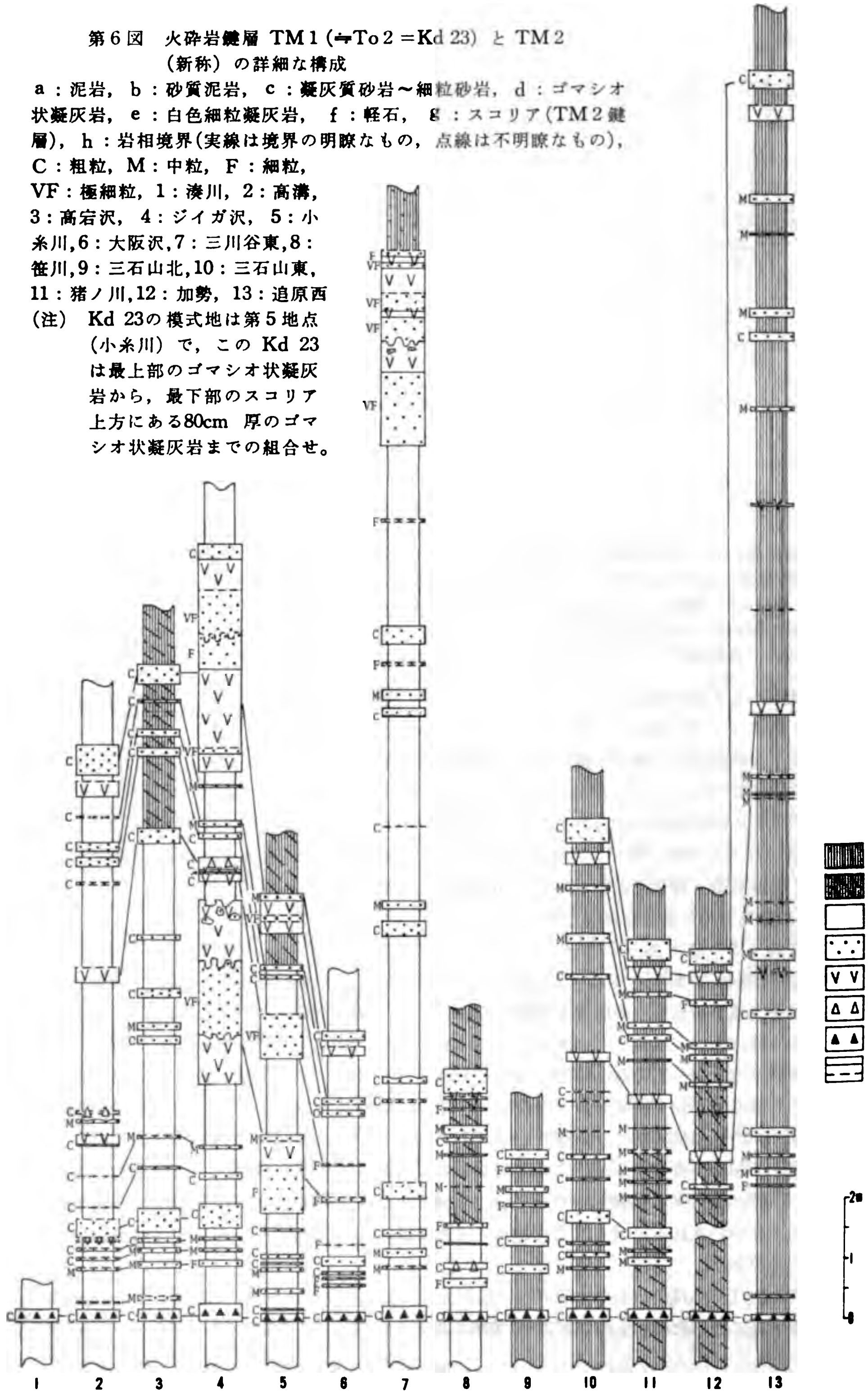
TM 2 は TM 1 の下位にあって，長く連続するスコリア層で，スコリアの粒径が 2 ～ 5 mm を普通と，厚さは15～20cm であり，かなりよく固結している。本層は下位の砂岩層との境界が非常に明瞭であと共に，また上位の砂岩層との境界も明瞭である。この TM 2 は高溝において大塚山に起源をもち高宕に合流する支流において本流との合流点から約140m 南（上流）の左岸の高さ約 2 m の岸壁に露出し，た小糸川本流では大岩の西の高さ約10m の左岸壁にもよく露出している（第6図）。また大阪沢でも見ら，さらにその東の猪ノ川では東大演習林入口のトンネル内に露出するが，トンネル内は暗く観察しにく。しかし猪ノ川の右岸に非常によく露出しているのが観察できる。このように TM 1 直下には黒色の粗スコリア層，TM 2 が存在するが，この単層が極めて明瞭に水平的に連続することが新たに認識される至った（第6図）。従ってこの粗粒スコリア層，TM 2 は今回の調査地域内の黒滝層中では最も重要な鍵の一つであるといいきれる。そしてこの鍵層の特徴は単一な鍵層であって，組み合せによるものとは異っていることである。

一方，TM 3 や TM 1 は何枚かの火砕岩層の組み合せによる鍵層であるが，野外でこれらの鍵層を追跡る場合，まず先に述べた堆積上のリズムや TM 3 の上位層準に位置する粗粒スコリア層，TM 2 に注目

第6図 火砕岩鍵層 TM 1 (≒To 2 =Kd 23) と TM 2 (新称) の詳細な構成

a：泥岩，b：砂質泥岩，c：凝灰質砂岩～細粒砂岩，d：ゴマシオ状凝灰岩，e：白色細粒凝灰岩，f：軽石，g：スコリア(TM 2 鍵層)，h：岩相境界(実線は境界の明瞭なもの，点線は不明瞭なもの)，C：粗粒，M：中粒，F：細粒，VF：極細粒，1：湊川，2：高溝，3：高宕沢，4：ジイガ沢，5：小糸川，6：大阪沢，7：三川谷東，8：笹川，9：三石山北，10：三石山東，11：猪ノ川，12：加勢，13：追原西

(注) Kd 23の模式地は第5地点(小糸川)で，このKd 23は最上部のゴマシオ状凝灰岩から，最下部のスコリア上方にある80cm 厚のゴマシオ状凝灰岩までの組合せ。



し，そのうえで組み合せによる火砕岩鍵層を確認するのがよいことが経験上判明した。その理由はたとえいくつかの火砕岩鍵層の組み合せによって構成された TM3 および TM1 ではあっても実際に野外ではB）項で述べたように，火砕岩の種類，構成枚数，厚さの変化があるので水平的な連続性を認識することが困難な場合が多いからである。従って黒滝層中の火砕岩鍵層の追跡にあたっては，黒滝層の堆積上のリズムをまず把握し，そして火砕岩鍵層中では特にスコリア層，TM2 に着目することが各地区相互の正確な対比には欠くことのできない重要なことがらである。

D）黒滝層基底から TM3 までの間の顕著な鍵層と黒滝層基底の形成時期

TM1や TM3 および新たに鍵層として発見された単層のスコリア層，TM2 以外に，黒滝層の基底と TM3 との間に鍵層を見い出そうと努めた。岩相上，TM3 の鍵層より上位の岩相に比べ，TM3 の下位，すなわち黒滝層の基底と TM3 との間の岩相は泥質ではなく，いいかえれば粗粒砂岩質であり，従って挟まれる火砕岩単層の層理も不鮮明ではあるが，しかし，4 層の鍵層が新たに見つかった。すなわち下位から TM7，TM6，TM5，TM4 の 4 層の特徴ある鍵層が知られる(第3図)。

TM7　模式地：高溝・本鍵層は中粒から粗粒の白色ゴマシオ状凝灰岩であって，基底近くで最も厚く約 1 m である。比較的塊状であり，上部に平行ラミナが多少みられる。

TM6　模式地：高溝・本鍵層は中粒から細粒の白色—灰色ゴマシオ状凝灰岩である。基底から TM3 の間の火砕岩層の岩相は，ほとんど層理の不鮮明な火砕岩層からなっているが，この TM6 は層理が明瞭で，従って容易に識別できる。厚さは20〜30cm. 第3図の高宕沢地区の TM5 の下位のゴマシオ状凝灰岩は層理が不鮮明なため，TM6 とは区別した。

TM5　模式地：高溝・本鍵層は TM4 の下位にあり，層理の不鮮明なスコリア層と，その直下の粗粒浮石質砂岩という組み合わせである。スコリアの黒色の浮石質砂岩の濁白色との対称的な色調をもつことが特徴で，このことは野外において目につき易い。厚さは15〜20cm. 第4図の三石山東地区の TM3 の下位2番目の火砕岩層は TM5 で，上部のスコリアのみを柱状図に記載しているが，下部にごく薄い浮石質砂岩がある。

TM4　模式地：高溝・本鍵層は TM3 の下位に位置し，上部に層理の不鮮明なスコリアがあり，その下位に粗粒浮石質の砂岩が，さらにその下位に粗粒浮石質ゴマシオ状凝灰岩がある。厚さは約30cm. 第4図で大阪沢地区の TM4 はごく薄く，その下位の比較的厚いゴマシオ状凝灰岩のみを柱状図に記載してある。なお三石山東および猪ノ川地区の TM3 の下位のスコリア，浮石質砂岩は TM4 である。

これらの鍵層の水平的分布，すなわち東西性の分布をまとめて第4図に示す。TM6 と TM7 とは湊川から高溝地区で確認されるが，それ以東には存在しない。TM5 は湊川から小糸川地区まで追跡可能で，TM4 は湊川から大阪沢地区まで追跡される。三川谷東から三石山北地区では TM5 から TM4 にわたる層準より上位の層準に黒滝層の基底が位置する。この2層の鍵層は，三石山東地区で再び確認され，猪ノ川地区では TM4 のみが見られたが，それ以東では確認できなかった。

湊川から三石山北におよぶ地区では，黒滝層の基底から TM3 までの諸火砕岩鍵層が第4図に示すように比較的緻密に，かつ正確に把握された。すなわち基底から TM3 の間の火砕岩鍵層 TM4〜7 がほぼ水平的に連続し，それら鍵層間の厚さが比較的均一であり，そしてこの地区の東部の大阪沢，小糸川，ジイガ沢，高宕沢では下位の TM6 あるいは TM7 は発達していない。また基底から下部鍵層までの厚さは地区ごとに変化がある。鍵層を主体とする上述のような地層の発達状況から，たとえば TM4 をもとにしてみると，この鍵層から基底面までの各地区ごとの厚さは必ずしも等時間に形成されたものではないといえ，従って黒滝層の基底の堆積時期は地区ごとに異なっていることがわかる。すなわち黒滝層の堆積は高宕沢，ジイガ沢，小糸川地区大阪沢地区より早く，湊川，高溝地区は高宕沢から小糸川にわたる地区よりさらに早く始まったといえる。

今回の調査範囲内の黒滝層の基底の形成時期は，大局的にはほぼ同じ頃であったとはいえ，火砕岩鍵

層，例えば TM７を基準にしてみると，調査範囲内の特に西部地域において第４図に明らかに示される事実から地区ごとに黒滝層の基底の形成の始まりが異なっていたといいきれる。このことは黒滝層の堆積機構を考察するうえに重要な事項であると考えられる。

E） TM１・TM２・TM３にまつわる堆積環境の考察

先述の如く TM３を水平的に追跡すると，三石山北地区で欠如しているが湊川から追原西地区まで連続する。すなわち湊川地区から東へ行くにつれて，黒滝層の基底に接近し，三石山北地区では層位上，黒滝層の基底の下位となり，従って上述のように欠如する。さらに東へいくと，再び黒滝層の基底より上位に位置するようになり，調査地域内の最東部では黄和田層の中へ入りこむようになる。TM１は TM３と同様に三石山北近くで最も黒滝層の基底に接近し，そして三石山北地区では不明で，また笹川地区から東方では黄和田層中に入りこんでいる。しかし，スコリア層，TM２は三石山北地区でも欠如することなく調査地域内全域に連続するが，上位の TM１と同様に笹川地区以東では黄和田層中に入りこむ。従って TM１，TM２が笹川地区以東で，また TM３が最東部で共に黄和田層中に入りこんでいることは，これらの堆積時に東方の海底は泥岩の堆積する環境であったことを明示する。

また TM３から TM１（または TM２）の間の厚さについて観察すると，三石山北から笹川地区付近で最も薄く，これより東方または西方へいくにつれて厚くなる。このことは，三石山北から笹川地区付近よりも東方に，また一方反対方向の西方に，それぞれこの期間での沈降量が大きかったことを，また，同時に堆積物の供給も多かったことを意味するものと思われる。

VII. 笹川・三石山北地区を中心とする東西両地域での黒滝層の堆積物の積成についての一考察

黒滝層中の火砕岩層の枚数についてみると，最も枚数の少ないのは笹川から三石山北地区である。また TM１中の白色細粒凝灰岩は，笹川・三石山北地区にはないが，しかし，その東方または西方ではあらわれるようになる(第６図参照)。このように笹川から三石山北地区を中心として，これより東方または西方で堆積物，すなわち，火砕岩層の枚数と白色細粒凝灰岩の構成に変化がみられる。

この堆積の変化について多少の考察を試みると，松田・中村（1970）によれば火山噴出物は水中懸濁あるいは水面浮遊によって遠くまで運搬され，沈着するまでに長時間を要し，かつ粒子がまとまって沈着しがたく，また堆積環境の水深の大小，火山噴出物の供給源地からの距離によっても水中における火山堆積物の諸性質が異なることを指摘している。このことは本調査地域内の白色細粒凝灰岩の層厚の地区毎の変化や，さらに極端な場合としての欠如の理解に役立つように思われる。すなわち，白色細粒凝灰岩は非常に細かい粒子からなり，それがジイガ沢や猪ノ川地区（林道）で異常に厚いことが知られるが，それは海中における火山灰の細粒子の移動と海底地形の凹凸や海底の深浅などと，密接な関係があったためであろうと考えられる。

また，笹川から三石山地区には破損した二枚貝化石が多量に存在しているが，このような化石の産状からこれらの地区は他の地区よりも比較的に波浪の強い環境であったことが推定される。従って，笹川から三石山地区にも降下したであろう火山灰の細粒子はそのまま堆積することなく，海水の流動に従ってより深い東方や西方へ移動した可能性もあろう。その結果，笹川から三石山北地区ではたとえば TM１や TM３中の白色凝灰岩が欠如することとなったものであるかも知れない(第５，６図)。このように解釈すると火砕岩鍵層の枚数の地域的な変化について説明できるように思われる。

他方，粗粒のスコリア層，TM２が本調査地域の東方にもまた西方にも比較的に層厚を変化しないで極めてよく連続するのは，白色細粒凝灰岩に比べて，スコリアのような粗粒の粒子は速く沈積し，また比重も比較的大きいため海水の動きに対して比較的に移動しにくかったためであろうと考えられる。

VIII. 黒滝層の堆積と基盤運動

安野層についてこれまでの研究によっていくつかの火砕岩鍵層が記載されている（大原・高橋：1975，

他)。安野層中の火砕岩鍵層たとえば AN 6 (Yap) の水平的分布状況は，湊川から高宕沢にわたる間に例をとってみると，湊川から高宕沢に連続的につづく黒滝層の基底面の南北性の起伏，すなわち，凹凸とかなり調和的のようである。一方，三石山東地区において，黒滝層の基底から TM 1 までの厚さが他地区に比べ厚くなっている。このことに関して三梨 (1959) は三石山の東と三石山北麓付近では，Kd 38の欠如している所と，Kd 38 (To 1) から不整合面まで40m に及ぶ所と隣接しているが，この間の関係については，局所的な不規則な形をした海底の凹地に堆積したものか，または局所的な沈降差によるものかは，豊岡亜層群の侵食状態が未調査であるのでわからないが，と述べている。筆者らの研究によると調査地域の西部の湊川・高溝地区は三石山東地区におけると同様に黒滝層の基底から TM 2 までの厚さが大きい。この地区に関しては上述のように安野層中の火砕岩鍵層，AN 6 (Yap) の水平的分布状況が黒滝層の基底面とかなり調和的であるようであることから，黒滝層の堆積初期に既に基盤に局所的な構造上の沈降があったかも知れないと思われる。このようなことを少し広い地域にわたってみると三石山北地区を中心として東西において，それぞれ黒滝層の基底面から TM 3 または TM 1 までの厚さが違うのは，一応基盤の安野層が褶曲し，褶曲に伴う構造上の沈降の量が違うためであるかも知れないと考えられる。そして黒滝海進はこの構造上の低い窪地からそれを順次埋めるように進展したものであるかも知れないとおもわれる。

一方，安野層は火砕岩鍵層を基準として削剝状況をみると安野層の分布地域の東部ほどより削剝されていることは明瞭であり，本調査地域の東南方，すなわち太平洋岸の鵜原地域では安野層は欠如し，黒滝層が直接に清澄層上に重なる。このことは安野層は黒滝層が堆積する前に一度陸上侵食を受け，東部がより大きく削られた後に，海中に没したものであることを明示する。そして黒滝層の形成は，笹川から三石山北地区，すなわち，この局部的地域を除いて，この地域から東方および西方における堆積盆においては沈降がそれぞれ大きかったが，そのうち特に東方の堆積盆においては沈降が著しかったものと考えられる。

基盤運動に伴う古環境の大要を検討すると TM 3 の堆積当時，三石山附近は局地的に陸地であったと考えられ，またその東方も西方もより深い環境にあったものと考えられるが，ことに追原西地区以東は非常に深い環境であって，第4図からわかるようにそこでは堆積相として泥岩相をもたらす状況であったといえる。加勢地区以西の黒滝層の上部層準が堆積した後，すなわち，TM 1 の堆積後，岩相は黒滝層の特徴である粗粒堆積物から泥質堆積物に変化した。また TM 1 の形成当時，三石山東地区から以東の地域の堆積環境は深く，そして泥岩相をもたらす状態であったといえる(第4図)。

IX. 結　言

西は湊川流域から東は小櫃川流域にわたる地域の黒滝層の基底の状況，黒滝層の下部層準の岩相，本層中の鍵層また堆積環境等について明らかとなった諸事実と若干の考察とをあげて結言とする。

1) 黒滝層と安野層との関係は明瞭な不整合関係で，それは高溝地区や三石山北地区その他で明瞭に観察でき，本調査地域中央部の三石山北では基底に石灰岩を伴うことは堆積相上注目すべきことである。

2) 黒滝層中には火砕岩層を多く挾む部分と，ほとんど挾まないやや塊状のシルト質砂岩の部分との反復で特徴づけられる堆積上のリズムが認められ，この堆積上のリズムと火砕岩層とをあわせ観察することによって水平的対比が極めて有効となる。

3) 黒滝層中にこれまでに知られていた2組の火砕岩鍵層 (Kd 23≒TM 1，Kd 38≒TM 3) 以外に，新たに地層の対比に有用な5枚の火砕岩鍵層 (TM 2，TM 4～7) を見い出し，これらの総てを検討した。その結果，TM 1 (≒Kd 23) は大阪沢から三石山北地区で，白色細粒凝灰岩やゴマシオ状凝灰岩の枚数(組合せ) に変化があり，不安定で連続しないとが明らかとなった。しかし他方，TM 3 (≒Kd 38) は大阪沢から三石山東などで最下部の白色細粒凝灰岩が欠如するが，連続する。また，新たに発見した TM 2，スコリア層は調査地域全域に極めてよく連続し，これは黒滝層中の鍵層として最も重要なものの一つであることが判明した。

4) 調査地域の特に西半部（三石山北より以西）において TM 3 (≒Kd 38) の下位に新たに火砕岩鍵層の TM 4 ～ 7 の存在することが明らかとなった。

5) 今回の調査した範囲内では大局的には黒滝層の形成初期はほぼ同一時代とみなし得るが，しかし同一時間面を指示すると考えられる火砕岩鍵層，たとえば TM 7，TM 6，TM 5，TM 4 を基準面として黒滝層の堆積の開始時期をさらに一層緻密に考慮すると，少なくとも調査地域の西半部で明らかであるように地区ごとに黒滝層の堆積開始時期（黒滝層の基底の形成時期）は多少ずれている。このことは黒滝層の堆積機構を考察するうえに重要な証拠といえる。そして黒滝海進は，黒滝海進前に基盤に既に多少の褶曲運動があって，構造上の窪地を生じ，その窪地を順次埋めるようにもたらされたものであるようにおもわれる。

6) TM 3 の堆積時までは本鍵層及びその下位の鍵層，すなわち TM 4 ～ 7 の分布状態から判断して三石山北附近は陸地であったと考えられる。

7) TM 3 の堆積以降には笹川から三石山北附近を中心として，その西方とまた東方とではそれぞれ堆積環境が変り，そしてそれらの環境は笹川から三石山北附近より明らかに深い海の状態にあったものと考えられる。

8) TM 2，TM 1 の堆積時には調査範囲内の最東部の追原西地区以東は岩相からより一層深い海の状態にあったものと考えられる。

参考文献

AOKI, N. (1963) : Pliocene and pleistocene foraminifera from along the Yoro River, Boso Peninsula. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec.*-C, 8 (78～80), 203-227.

青木直昭(1964)：房総半島の鮮新世―更新世浮遊性有孔虫化石群．地質雑，**70**(822)，170-179.

AOKI, N. (1968) : Benthonic foraminiferal zonation of the Kazusa group, Boso Peninsula. *Trans. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **70**, 238-266.

浅賀正義(1974)：黒滝不整合と黒滝層．理科教育研究(千葉県)，**13**(1)，9-11.

――(1975-77)：上総層群産のある化石の話(その 1-3)．理科教育研究(千葉県)，**14**(6)，14-15；**15**(1)，20-21；**16**(1)，19-20.

房総団体研究グループ(1964)：黒滝不整合における削剝量とその意義．地質雑，**70**(812)，88-99.

房総研究グループ(1953)：黒滝問題について(1)．地球科学，**15**，3-11.

房総研究グループ(1957)：房総半島新生代層群の地史区分．有孔虫，**7**，32-37.

遠藤正夫(1969)：房総半島天羽町付近の地質．地学研究，**20**(3-4)，99-106.

藤田至則・陶山国男(1952・1953)：小櫃川・養老川上流地域の中部鮮新統の堆積機構(1，2)．地質雑．**58**(687)，553-561；**59**(688)，25-31.

HATAI, K. (1958) : Boso Peninsula, Chiba Prefecture. *Jub. Pub. Comem. Prof. H. Fujimoto*, 183-201.

樋口　雄・菊地良樹(1964)：上総層群に関する微化石層序学的ならびに鉱床地質学的研究．石油技誌，**29**(1)，22-28.

星野通平(1976)：新潟県新第三系中の"黒滝不整合"と西山層の地質時代．新潟大地鉱研報，**4**，85-89.

飯島　東・池谷仙之(1976)：千葉演習林の地質．東大農学部演習林，**20**，1-83.

石井基裕(1962)：関東平野の基盤．石油技誌，**26**(6)，615-640.

石和田靖章・樋口　雄・菊地良樹(1962)：南関東ガス田の微化石層序．石油技誌，**27**(3)，68-79.

河井興三(1961)：南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究．石油技誌，**26**(5)，212-266.

菊地良樹(1963)：房総半島における上総層群の微化石層序．石油技誌，**28**(4)，1-6.

小池　清(1949)：房総半島中部の地質(11)．東大立地研報，**3**，1-6.

――(1950)：鋸山付近の地質．鋸山の地質及植物案内，1-4.

――(1951)：いわゆる黒滝不整合について．地質雑，**57**(667)，143-156.

――(1953)：黒滝不整合こんごの問題．地質雑，**59**(688)，33-34.

——・佐藤任弘(1955)：地質学のたちばからみた海底谷(予報). 堆積学研究, 8, 3-6.
:藤精造(1973・74)：高宕山の地質. 昭和48・49年度天然記念物高宕山のサル生息地総合調査報告書(千葉県), 174-184, 185-195.
:田時彦・中村一明(1970)：水底に堆積した火山性堆積物の特徴と分類. 鉱山地質, 20(99), 29-42.
:梨 昴(1954)：房総半島鬼泪山南部の地質. 地質雑, 60(710), 461-472.
——・矢崎清貫(1958)：火砕鍵層による房総・三浦両半島の新生代層の対比(第1報). 石油技誌, 23(1), 16-22.
——・安国 昇・品田芳二郎(1959)：千葉県養老川・小櫃川流域地質調査報告. 地調月報, 10(2), 82-98.
——・他9名(1961)：日本油田・ガス田図4, 富津-大多喜(5万分の1). 地質調査所.
——・他21名(1976)：東京湾とその周辺地域の地質(10万分の1). 地質調査所.
IITSUNASHI, T., NAKAGAWA, H., & SUZUKI, Y. (1976) : Guide Book for Excursion 2, "Boso Peninsula". 88p., 1-CPNS, Tokyo.
嶋輝允(1978)：房総半島におけるフリッシュ堆積物の堆積環境. 地質雑, 84(11), 645-660.
田史朗(1977)：南関東下部更新統の石灰質超微化石層序. 奈良教育大紀要, 26(2), 19-38.
田太良(1975)：浮遊性有孔虫化石からみた房総半島上部新生界の古地磁気記録の時代的解釈. 地質雑, 81(10), 645-647.
原 隆・高橋裕平(1975)：黒滝層の貝化石と安野層の火山砕屑岩(予報). 千葉大教養部研報, B-8, 115-129.
森隆一郎・小松直幹(1958)：房総半島の鮮新統中の層間異常の1, 2について. 藤本治義教授還暦記念論文集, 202-208.
田秀雄(1939)：千葉県夷隅郡勝浦町・興津町・上野村・安房郡小湊町・天津町の地質. 地質雑, 46(551), 445-450.
田芳二郎・安国 昇・三梨 昴(1955)：房総半島中部に分布する地層間の相互関係について(概要). 新生代の研究, 22, 20-23.
田房雄(1930)：房総半島北部の地質(摘要). 地質雑, 37(441), 250-253.
——(1933)：房総・三浦半島に発達する新生代層の層序. 地質雑, 40(483), 799-801.
——(1969～74)：房総半島北部の地質(堆積輪廻, その1～その4). 東洋大紀要, 教養課程篇(自然科学), 11, 1-30；12, 25-120；16, 57-108；17, 15-89.
岸忠夫・佐野 誠(1955)：小糸川上流地域の地質に就いて. 千葉大文理紀要(自然科学), 1(4), 288-292.
水鉄五郎(1901)：農科大学千葉県下演習林地質予報. 地質雑, 8(97), 411-424；(98), 465-476.

(1979年6月26日受理)

地学雑誌 88, 5 (1979)

成層圏突然昇温に関する研究の展開について

田 宮 兵 衛*

A Review of Progress in Researchs of Stratospheric Sudden Warming

Hyōe TAMIYA

Abstract

After the discovery of the stratospheric sudden warming by SCHERHAG (1952) over Berlin much meteorological efforts have been directed to make clear the phenomenon in lower stratosphere of winter hemisphere.

There can be no doubt that the studies of the four major warmings in the Northern Hemisphere, occured during 1956/57-1967/68, play the important part in the advance in knowledge of the phenomena.

These studies are sorted in table 1 by period and approach which are classified (1) synoptic description, (1′) analytical study, (2) energetics and (3) modeling. In the table winters are indicated in such manner as 1957/58.

Researches of energetics, in most of which calculations in the wave number domain are based on the SALTZMAN's method (1957), began to investgate the instability of polar vortex. They, however, revealed that the energy for polar vortex breakdown and for reversal of temperature field are transported from troposphere mainly as geopotential flux. But the physical mechnism of the breakdown and the reversal must be explained by model simulation.

MATSUNO's (1971) and NEWSON's (1974) model simulate successfully stratospheric sudden warmings in 1962/63 and 1972/73 respectively. That means that warming occures with upward propagation of planetaly waves (Charny and Drazin, 1961). Therefore it is possible that warmings happen every winter in the level higher than upper stratosphere. The reason why some of them leads to polar vortex decay in the lower stratosphere and others remain in upper layer is not yet clear.

Recent researches have owed its greater part to the developments in new observation techniques as rocket sonde and satellite. Papers based on the satellite data are summerized in table 2.

Warming phenomena in upper stratosphere and mesosphere without marked effects on the lower stratosphere are cited in table 3.

To answer the question whether in Southern Hemisphere major warming as in its counterpart occures or not, researches of Southern Hemispheric stratospheric warmings are listed in table 4 and examined. For the present we have negative answer.

Finally in table 5 studies in climatological spects as well as of phenomena after

* 筑波大学・地球科学系 Institute of Geoscience. University ot Tsukuba

the period of table 1 are given as supplement.

Important problems remained today are:

1. to establish three-demensional structure of the stratospheric sudden warming extending to the upper mesosphere with data from new technique, and

2. researches on the relationship between stratospheric phenomena and troposphere are not yet sufficient, although its possibilities are expected through model experiments and discussed in many papers independently.

1. はじめに

1952年 SCHERHAG によって最初に見出された成層圏の突然昇温現象は1971年の松野による力学的モデルの完成によって研究の一つのサイクルが完結したようにも見える。この間の研究の展開は，気象学において全く新たに発見された現象が，どのように追跡・把握され，解析され，そしてモデル化されていくかということを示す最近得られた一つの例である。

この後1970年代にはいると，人工衛星データ等を用いた新たな段階が始まったもようである。

また，成層圏の突然昇温は地球大気の中で生ずる様々な現象のなかで最も空間的スケールの大きなものの一つであり，これに関する正確な情報は地球大気の全体像を組み立てるためには不可欠な部分である。

さらに成層圏の突然昇温という現象は一見下部成層圏より上の現象のようにも考えられるが，後に述べるようにその原因は対流圏から伝播される超長波に求められることになる。そして非常に曖昧な言い方ではあるが，下部成層圏の大規模な変動が，地上付近の気象に何らかの影響を持っていることは必ずしも否定できないであろう。したがって突然昇温と対流圏ひいては地上の気象との関係を知ることは気象学の一つの課題である。

以上三つの動機から，成層圏突然昇温の研究を発見から松野モデル完成まで，およびそれ以外ならびに以後の研究と大まかに二つにわけて，Review を行い，今後の研究への展望を得るための資料とすることが本文の目的である。

成層圏の突然昇温の研究に関する Review には，最近，松野 (1977) によるもの，MCINTURFF (1978) によって編集されたものが出された。前者は，松野自身によるモデルの完成に至る道筋をたどることが中心となり，その後の理論的展開まで述べられている。一方後者は，7人の研究者が分担し現在明らかとなっている突然昇温およびこれに関連する広範な情報を取りまとめたもので，SST やスペースシャトルとの関連についてまで論ぜられている。

これらの優れた Review がある所に，わざわざ別なものを付け加える必要は無いかもしれないが，発見以来の研究の展開を追うということに重点を置くことにより，若干異った観点からの Review となり得ると信じ敢えて本文をまとめた次第である。

以下本文では突然昇温という語で冬季下部成層圏において，極渦が急激に崩壊し極ないしは高緯度地方の気温が急上昇する現象を指すこととする。すなわち，後に述べるようにさらに上層では毎年のように昇温が生じているが，これが下部成層圏に大規模に影響しない場合，および冬から夏への移行期に必ず生ずる最終昇温について述べる場合はその旨記す。したがって本論で言う突然昇温は WMO の Commission for Atmospheric Sciences の定義するところの major stratospheric warming に大体一致する。

突然昇温の研究は主としてデータの収集・整備状況を反映して北半球で発生した個々の突然昇温について論じたものが中心となっている。本文でもまずこの種の論文について整理し，次いでそれ以外の研究，すなわち，人工衛星等新しい観測技術によるもの，南半球の突然昇温に関するもの，事例研究ではないもの等について述べる。ただし本文の冒頭に触れた SCHERHAG (1952) の論文はこの現象に関する最初の

報告なので，はじめに1項設けて説明することにしたい。

2. 突然昇温の発見

SCHERHAG は，正確な温度センサーを取付けたゾンデが，ベルリンでほぼルーチンに下部成層圏まで揚げられるようになって（当時はこのことはかなり評価すべき技術であった）1年余の後，1952年1月末と2月末に気温が数日の間に数十度上昇する現象を発見した。これが突然昇温であり，当時ベルリン現象と名づけられた。彼の論文には気温の実測データが，20mb, 15mb, 10mb についての1年余にわたる日々の変化を示すグラフおよび，突然昇温の前後10日ないし30日についての気温の鉛直分布の日々の移り変りを示す表の形で与えられている。後者には既に突然昇温が上層から下層へ時間とともに伝播していく様子が捉えられている。この時代勿論半球スケールの成層圏天気図は解析できるわけもなく，ヨーロッパおよび北米大陸の数地点の上層の気温データと比較した後，突然昇温の原因として太陽活動を考え得るとしながらも，それに関する説明を試みる段階で，突然昇温時にヨーロッパ付近の寒気の中心（極渦の中心とも考えられる）が大きく移動していること，同じく昇温時にヨーロッパでの地上気圧場の予報が大きくはずれたこと（対流圏でも予想外の変動が生じていたとも解釈できる）が指摘されていることは興味深い。

3. 1960年代後半までの北半球の突然昇温に関する研究

先に述べたように突然昇温に関する研究の重要なものは大部分この領域にはいっている。したがって，この領域をさらに次の3ないし4つに大きく分けて考えると研究の展開を追うことが容易になる。

(1) 総観解析，(1′) 解析的研究

(2) Energetics

(3) モデル化

すなわち一般的に言ってこの順序で現象の認識が深まって行き，したがって突然昇温の研究の中心課題の時間的移り変りに対応している。

現象が見出された直後は，突然昇温時の下部成層圏における総観的状況がどのようになっているかを知ることが中心課題となる。これが(1) 総観解析にあたる。

なお1957年夏以降，SCHERHAG 所長の下，ベルリン自由大学気象学研究所では成層圏天気図〔synoptic chart の意味で用いる：10mb (30km)，30mb (23km)，<25mb (25km)>，50mb (20km)，100mb (16 km)〕が順次ルーチンに解析されるようになり，突然昇温を含めた成層圏の気象学の研究の重要な基礎資料として各方面で利用されるようになる。ただし，1970年代にはいって 10mb・100mb はルーチンには解析されなくなる。

これら整備された資料に基き総観的状況をさらに詳しく調べたものが (1′) 解析的研究である。これは，次の(2) Energetics へ移行する一段階を見ることもできる。Energetics では，成層圏大循環における運動エネルギー，有効位置エネルギーの変換過程が論ぜられる。

この流れの最後の段階に(3) モデル化の研究を位置づけることができよう。

上記分類にしたがって，主要な論文を各々が対象としている1950年代後半から1970年代前半にかけて生じた突然昇温の年次順（冬季，現象があるので連続した2カ年の数字でそれらにまたがる冬をあらわす）にまとめると第1表のようになる。以下これに基いて説明を加える。

3-1. 総観解析

突然昇温の発見以後次第に北半球の高層観測網が整備されていく一方1956/57と1957/58に相次いで突然昇温が起った。

表に示したように1950年代に発表された突然昇温の論文はすべて総観解析，すなわちデータを集めて成層圏天気図，様々な時空間に関するアイソプレスを作成しそれより現象の詳細を読みとるという内容である。

第1表 Major stratospheric sudden warmings in Northern Hemisphere until 1967/68

	1956/57	1957/58	1962/63	1967/68
1. synoptic analysis				
(a) synoptic description	TEWELES (1958) CRAIG & HERING (1959)	TEWELES & FINGER (1958) SCHERHAG (1960)	FINGER & TEWELES (1964)	
(b) analytical study	CRAIG & LATEEF (1962)		HIROTA (1967)	JOHNSON (1969) IWASHIMA (1973)
2. energetics	REED et al. (1963) LATEEF (1964)	MIYAKODA (1963) SEKIGUCHI (1963) TEWELES (1963) MUENCH (1965) MURAKAMI (1965) MAHLMAN (1965)	JULIAN & LABITZKE (1965) PERRY (1967)	MILLER & JOHNSON (1970) IWASHIMA (1974)
3. modeling			MATSUNO (1971)	

TEWELES (1958) と CRAIG & HERING (1959) は 1956/57 の突然昇温を解析し，TEWELES & FINGER (1958) は 1957/58 の突然昇温を解析している。いずれも突然昇温は北米大陸付近で起っており，北米大陸付近の成層圏天気図 (100mb～25ないし15mb) に基いて様々な総観的特徴が記載されている。また SCHERHAG (1960) は，25mb 北半球天気図を用いて1957/58の突然昇温の記載を行っている。これらによって突然昇温時の下部成層圏における変動の状況はかなり明らかにされた。たとえば極渦が二つに分裂する時に昇温が起っていること等々である。

次いで1962/63に極めて強い突然昇温が発生した。FINGER & TEWELES (1964) はベルリン自由大学の10mb 天気図等を用いて半球スケールでの現象の記載を行ったほか，ロケットゾンデのデータから得た北米大陸付近の 2 mb, 0.4mb の天気図で，現象が55km 以上の上層まで広がっていることを示唆した。

以上の突然昇温に関する解析的研究には，1956/57に対し CRAIG & LATEEF (1962) が鉛直運動を計算したもの，1962/63に対し，HIROTA (1967) が鉛直断面について調べたものがある。前者では昇温開始前には trough の西で下降，東で上昇という下部成層圏で普通起っている鉛直運動が，昇温開始後は広い範囲で下降運動を示すことが明らかにされた。後者では昇温が50mb 面付近に始まりこれが上方へ伝播しており，この間極渦の伸長が進行している事実が見出されている。また昇温域の降下は傾いた温度擾乱の移動を1地点で鉛直的に観測していることにより現れるものとした。

1962/63の後は1967/68に比較的強い突然昇温が起った。この昇温はそれまでの例に比べ約1カ月早く起り一度崩壊した極渦が再びある程度発達してから春に移行した点が異なっている。この昇温以降突然昇温に関する単純な総観的記載はなく多かれ少なかれ解析的な色彩を持っている。1967/68 についてはまず JOHNSON (1969) が総観的記載を行った後，密度分布の状態が昇温時には異なること，高度場の球面調和解析により昇温時の傾稀の変化に波数2の成分が重要であるとことを示した。また IWASHIMA (1973) は超長波の変動を準停滞部分と移動部分に分ける方法 (IWASHIMA & YAMAMOTO, 1971) を1967/68の昇温を含む121日間に適用し，波数1の移動部分は昇温直前に振幅が増大，その後急速に減衰するのに対し波数1の準停滞部分，波数2の準停滞・移動部分は昇温とともに振幅が増大することを見出した。

この後，WMO の定義による major stratospheric warming は，1969/70, 1970/71, 1972/73, 1973/

74, 1974/75と相次いで起っているとされているが (McINTURFF, 1978), これらについては人工衛星データ等を用いて研究がすすめられている部分が大きいので, 4節以下にまわす。

3-2. Energetics

第1表に示したとおり1970年代までの突然昇温の研究の大きな部分を占めるのが Energetics である。LATEEF (1964) は1956/57の突然昇温について北米大陸付近の領域で geopotential flux および運動エネルギー・有効位置エネルギー間の変換量等について計算した。しかしながらこれ以外の Energetics の研究は, 北半球の大部分あるいは全域について, 平均流および渦による有効位置エネルギー (A_Z と A_E) 同じく平均流および渦による運動エネルギー (K_Z と K_E) の各項についてのエネルギーの増減, 各項間のエネルギーの変換さらに生成と消散を求めることによって行なわれる。

REED et al. (1963) は1956/57の突然昇温について, この種の計算を SALTZMAN (1957) によるスペクトル形式のエネルギー方程式を用いて行い次のような結果を得た。

昇温がピークに達するまでは, 渦によるエネルギー (K_E と A_E) が増加し, 平均流のエネルギー (K_Z と A_E) は減少する。エネルギーの流れは $A_Z \to A_E \to K_E \to K_Z \to A_Z$ である。これに対し極渦の崩壊期には A_Z のみ増加し, 他は減少する。この時のエネルギーの流れは $K_E \to K_Z$ をのぞき昇温時とは逆転する。少くともこのことは, 昇温が純粋な順圧不安定 (この場合 $K_Z \to K_E$ だけ) によるものではないことを示している。また昇温がピークに達するまでのエネルギーの流れは一般の傾圧不安定の場合に似ているが, 各項の増減の様子はそれとは異なるとした。

さらに成層圏の通常のエネルギーの流れは対流圏の波動からもたらされた K_E が K_Z および A_E を経て A_Z に至る (これは最終的には放射で失なわれる) と推定し, 突然昇温はこの状態の時に下から伝播した擾乱にはたらく傾圧不安定の結果であろうと考えた。

1957/58の突然昇温についての Energetics も REED et al. と同じ頃ほぼ平行して行なわれたものが多い。TEWELES (1963) は SALTZMAN の方法により超長波の運動エネルギーの変化のみを調べ, 傾圧不安定の可能性を指摘している。MIYAKODA (1963), SEKIGUCHI (1963) はいずれも1957/58の突然昇温についてエネルギー各項あるいは各項間の変換の計算を行っており, この種の研究では最も早いものにはいり, 以後の論文で度々引用されている。

MUENCH (1965) は同じ現象について渦によるエネルギーを一括して求め, エネルギーの流れの方向は対流圏と同じであるが強さが異なること, 昇温に際し極大を示すこと, 対流圏からの geopotential flux で成層圏にエネルギーが流入していることを示した。これに関連し50°N に沿う各層の高度場の調和解析の結果から超長波部分での成層圏と対流圏のカップリングを指摘した。波数1の振幅は波数2のそれに比べると全層通じて一般に大きい。

MURAKAMI (1965) は1957年12月から1958年2月について波数1・2のエネルギー変換等を調べこれらが順圧不安定の関係にあること等を明らかにしたが, 突然昇温時の急速なエネルギーの増加は対流圏からの運動エネルギーの補給によるものと考えるべきであるとしている。

JULIAN & LABITZKE (1965) は1962/63の突然昇温について SALTZMAN の方法に基いた計算を対流圏をも含めて行った。また, それまでに行なわれた成層圏の Energetics のいくつかの計算結果との比較を計算過程・対象期間・対象領域まで含めて行っている。成層圏のエネルギーの流れは大局的には各論文で一致している。また対流圏からの geopotential flux が成層圏の渦運動エネルギーを供給している点も一致している。この事実から, 対流圏のブロッキング現象, 突然昇温の開始, 500mb の東西風, 対流圏・成層圏の鉛直運動の間に関係があるべきであるとし比較を行った結果, 鉛直運動が活発な時と対流圏のブロッキング開始, 突然昇温の開始がほぼ一致することが明らかとなる。なお, 時間分解能を上げ, 鉛直的にも細かく見ると圏界面付近で $K_Z \to K_E$ の流れがあり順圧不安定の可能性もあること, この付近では昇温の前後でエネルギーの変化が小さいことが示されている。

PERRY (1967) は同じ現象について他の多くの研究と同様 SALTZMAN の方法に基く計算を行うが，それまでは最終的には一括されていた渦によるエネルギーを波数別に論じている。全体としては JULIAN & LABITZKE の結果と当然一致するが，波数別に見た新たな様相が明らかとなる。すなわち，昇温の前に波数1と3の geopotential flux で成層圏は渦の運動エネルギーを受取る，極渦の崩壊に際しての波数2の渦（擾乱）の成長は傾圧不安定と geopotential flux によるものである，対流圏・成層圏いずれにおいても波数間のエネルギーの交換が重要である，波数3の擾乱は他の波数および平均流からエネルギーを受け取るが，エネルギー生成域から消散域へのエネルギーの輸送に重要な役割を演ずる等である。また突然昇温時の子午面循環は50°N に沈降域をもつ間接循環が極域を支配しているとした。

対象とする突然昇温は1957/58のものであるが，MAHLMAN (1969) は突然昇温時の子午面循環を熱収支法により計算し，50mb 面で60°N 以北，100mb 面で70°N 以北の極域では鉛直運動は上向きとなり，トレーサの追跡が示す下降運動や，突然昇温が断熱圧縮によるという普通言われている仮説とは一致しないことをまず示した。しかしながら，50mb 面の jet 軸からの距離をとる curvilinear 座標系を用いると突然昇温の直前の期間については極域に対応する領域で鉛直運動は下向きすなわち直接循環が見出されるとした。

MILLER & JOHNSON (1970) は1967/68の突然昇温について100mb 面での geopotential flux に焦点をしぼり対流圏から成層圏への運動エネルギーの輸送を ELIASSEN & PALM (1960) の方法により計算した。まずこの方法を 1962/63 の昇温に適用し PERRY の計算結果と大局的には一致することを確めた後，波数1と2について10mb 面での運動エネルギーの増減と100mb 面におけるエネルギーの輸送の相関が良いことを示したが，そのメカニズムおよびここから極渦の崩壊に至るメカニズムの解明は今後の問題としている。さらに JULIAN & LABITZKE により1962/63の突然昇温について指摘された対流圏のブロッキング現象との対応についても500mb のデータを用いて調べたが，1967/68の場合はその対応は見出されなかった。ただし，著者等はふれていないが，PERRY が示唆した，波数3の擾乱による成層圏から対流圏へのエネルギーの輸送とも考えられる現象が認められる。

IWASHIMA (1974) は同じ突然昇温について超長波の移動部分・準停滞部分それぞれにつきエネルギーの計算を行い，突然昇温時の波数2の振幅の増大（特に準停滞部分において）が顕著なこと，それらと geopotential flux との対応等を明らかにした。

以上 Energetics に関する論文をまとめると，はじめ順圧・傾圧不安定の役割を検討することを目的として平均流および渦による有効位置エネルギーと運動エネルギーを見積ることが行なわれたが，結果として対流圏からの渦運動エネルギーの補給が必要なことが明らかにされる。次いで geopotential flux (pressure interaction 項) がこの過程で重要な役割を演じていることが判明してきた，ということになる。しかしながら，この事実が如何なるメカニズムによるか，また如何にして昇温現象と極渦の崩壊に至るかはまだわかっていない。これを明らかにするのが次のモデル化の段階である。

3-3. モデル化

突然昇温という現象についてモデル化を行いこれを数式で表現し数値実験を行う場合，QUIROZ et al. (1975) によると次の三つの立場が考えられる。なおこれは大気現象一般についても言えることではある。すなわち，（a）予報モデル（現実の大気状態を初期条件として現象の再現をめざすもの），（b）仮設テスト（モデルの前提となる特徴的事象の役割をテストするもの），（c）気候的モデル（一般的状態からはじめて，方程式系の長期間にわたる積分を行い気候学的平均状態に到達するもの）である。

本文で言っている突然昇温についての予報モデルは無いので，ここでは成層圏の循環が冬から夏へ変化する時に生ずる最終昇温についての MIYAKODA et al. (1970) の研究の結果を簡単に引用する。これは1965年春の最終昇温を対象としている。極渦の分裂の再現は，計算を分裂の2日前から始めれば（ただしこの時すでに分裂の前段階である極渦の伸長，elongation，は始まっている）かなり成功するが，5日前

を初期の状態とした場合にはほとんど成功しない。 また気温の上昇の再現には完全に失敗した。

(b) の例としては MATSUNO (1971) がある。これは1962/63の突然昇温を見事に再現した。

このモデルの考え方を松野 (1971, 1977) 等も参考にかなり単純化してたどってみる。 西風が支配している成層圏へ対流圏からしかるべき大きさの超長波 (プラネタリー波) が伝わってくるとこれにより西風の減速が生ずる。 西風に働いていたコリオリの力が気圧傾度力とバランスしなくなり極向の流れが生ずる。この結果極では下降および上昇流, 低緯度ではその補償流が生じ, 極での下降流が昇温をもたらす. また西風の減速は密度の関係で上層ほど著しく, ある高度以上では東風が支配するようになる。 他方プラネタリー波の上方への伝播は10～50m/s の西風でしか生じないので, 波の伝播は東風と西風の境界面(critical level) で止まる。 したがって昇温は critical level の直下で最も激しくなる。 同時にプラネタリー波もここに集中するので西風減速＝東風加速も激しく, 東風域は下方に広がる。したがって critical level が下がり昇温域も下方に伝播するような結果になる。 しかしながら下層では密度が大きいので昇温の程度は小さくなる。 他方, 極での上昇流による温度降下は発生高度が高いので捕捉し難いであろうし, 低緯度の補償流に伴う温度変化は広い範囲でおこるので変化量が小さくこれも見出されにくい。 したがって対流圏のプラネタリー波の成層圏への伝播は, どこかの高度で, 極付近での気温の急上昇という形で認識される。

これが本文で言う突然昇温 (下部成層圏で昇温が起こる) となるかならぬかは, 対流圏から伝播するプラネタリー波の強さにより決まるのであろう。

なお, 低緯度の上昇流による温度降下は, JULIAN & LABITZKE (1965), MAHLMAN (1970) の論文中の図でも認められるが, 著者等は特に指適していない(前者については松野 (1971) で言及されている)。

上に述べた過程を newtonian cooling を入れて, 地衡風近似をした渦度方程式と断熱の式を組み合わせたポテンシャル渦度方程式で波数間の相互作用を省略して表わしたものが松野の力学的モデルである.

これに風速の緯度・高度分布および対流圏からのプラネタリー波として300mb 面に波数 2, 振幅300m の擾乱を与えて解いた場合1962/63の突然昇温が再現された。 同じスケールの波動 1 を与えた場合はそれまでの観測では捉えられていない状況があらわれた。

MATSUNO (1971) では対流圏のプラネタリー波を上に述べたような形で与えてしまうのでプラネタリー波の実際的様相についてはあまり情報は得られない。 各々の突然昇温に対して, 現実のプラネタリー波が対流圏でどのように振舞っているかを明らかにすることは今後の大きな課題であると考えられる。

松野モデルはある緯度・高度分布をもって吹いている西風のある成層圏に下からプラネタリー波に相当する擾乱を与えた場合, プラネタリー波の伝播 (CHARRY & DRAZIN, 1961) により西風がどのように変化し, それに伴い温度場の変化がどのように生ずるかを現実的な値をもった初期ならびに境界条件を入れて数値積分を行い調べたものである。より単純化してこの問題を論じたものには GEISLER (1974), SIMMONS (1974) 等がある。

QUIROZ et al. (1975) は突然昇温の型を1963年型 (1962/63, 波数 2 の擾乱から発達), 1973年型 (1972/73, 波数 1 の擾乱から発達) の二つに分けてそれぞれの特徴および共通点を述べている。 さらに, MATSUNO (1971) と NEWSON (1974) の数値実験の結果の結果と比較し, 前者は1962/63, 後者は1972/73の突然昇温をいずれも時間がかかり過ぎるが良く再現しているとし, 両モデルの問題点等を整理している。この他, これまでに行なわれた数値実験について極めて簡単な整理を行っている。

NEWSON (1974) の原論文は入手していないので QUIROZ (1975), MCINTURFF (1978) から再引用して概略をのべる。これは13層 primitive 方程式モデルで, 先に述べた分類では気候的モデルということになる。 北半球の地形・海陸分布・水蒸気分布等は組み入れられている。これを 1 月の平均状態をさらに緯度平均したものから出発させ, 日射を 1 月の状態で固定し160日間分積分した。78日目に突然昇温とみな

し得る大規模な変化があらわれた。これを1972/73の突然昇温と比較すると（1973年2月29日の2mb 面の状態と NEWSON の90日目の2mb 面の状態），非常に良く似ている。さらにモデルから得られた運動エネルギー等の変化も値そのものは一致しないが時間変化の様子は良く似ている。

NEWSON のモデルによれば，発生までの時間が短縮されれば，北半球では毎冬突然昇温がおこることとなる。すなわち発生までのモデルに於ける時間を短縮するような“何か”があった冬は突然昇温が起りそれが無ければ突然昇温は起こらないという解釈ができる。地表面の状態は一応与えられているのでその“何か”は対流圏の変動でなくてはならないと思われる。

以上取り上げたもの以外にもモデル化の論文はいくつかあるが，それらの Review は，基礎となる研究も含めて行うべきでありそれにはより適当な Reviewer が存在することには明らかなので，本文では現象との対比が明瞭なものを現象面からながめる段階にとどめる，すなわち以上で本節を終わる。

4. ロケットゾンデ・人工衛星による観測およびそれらに基く上部成層圏以上ならびに南半球における突然昇温の研究

北半球の冬には対流圏のプラネタリー波は大きさはとにかく常に存在し，それが上方に伝播する条件（適当な強さの西風が支配している）も満たされている。そうすると松野モデルによれば上層では毎冬突然昇温が発生しているであろうことが予想される。McINTURFF (1978) のリストでは，成層圏のどこかで気温の急上昇（25°C/1週間以内）が生じたことを意味する minor な突然昇温は毎冬出現していることとなっている。したがって，上部成層圏以上ではどうなっているかを述べた論文を整理する必要がある。

また，北半球とは海陸分布したがってプラネタリー波の様相が異なる南半球で突然昇温が有るのか無いのかという興味も出てくる。

以下に，これらについてまとめるが，観測資料が比較的乏しい上記両者の研究に有力なデータ収集の手段であるロケットゾンデおよび人工衛星による観測について概略を説明する。

4-1. ロケットゾンデ

下部成層圏に関する情報は大部分地上から揚げられたレーウィンゾンデによっているがさらに上，20km～60km の範囲をカバーするのがロケットゾンデである。これはロケットに載んで80km あるいはそれ以上まで運ばれたゾンデが，その高度からパラシュートで落下してくる間にデータを集めるものである。1960年頃には気象データを採るための観測が確立されたが，費用・設備の関係から多数の観測はむづかしい。1964年当時南半球の2点を含め気象データを何らかの形で採っていたのは，北米大陸を中心に20点あった(WEBB, 1966)，最近系統的に週一回の打上げがなされるようになったが実験的観測点を除くと1974年現在北半球で17地点でこれが行なわれている。内訳は，北米大陸8，ヨーロッパ2，中南米西大西洋3，太平洋含日本3，印度1である。ただし週一回の打上で総観解析に使えるデータが得られる率は平均71%である（13地点/週）。レーウィンゾンデのデータは10mb までは100地点/日程度はあるのでその高度まではレーウィンゾンデのデータによる解析のほうがはるかに有効である。それ以上の高度ではレーウィンゾンデのデータは急速に少くなるし，同ゾンデは対流圏の観測用にデザインされているのでロケットゾンデのデータを使わなければならない。上方に関しては，50km までについてはゾンデの性能の国による違いは無いのでロケットゾンデによる解析は有効であるが，それ以上の高度では国による違いが大きくなってしまう。したがって5mb (36km)，2mb (42km)，0.5mb (55km) の解析はロケットゾンデによるデータに基いて行なわれる (McINTURFF, 1978)。

ロケットゾンデのデータは FINGER & TEWELES (1964) 等でも使われている。レーウィンゾンデとの比較，総観解析を行うための準備作業および解析結果(北米大陸を中心とした範囲)等について，IQSY 期間のロケットゾンデのデータを用い FINGER et al. (1966) が詳細に述べている。

第2表　Stratospheric warmings observed by satellite

author (s)	period	approx. press. level.	approach & specification
FRITZ & SOULES (1970)*	Apr. 1969–Apr. 1970	100mb～	sy. d. & S. Hemisphere
BARNETT et al. (1971)	1970/71	20mb, 2mb	sy. d.
QUIROZ (1971)	1969/70	30mb	sy. d. & temperature model
FRITZ & SOULES (1972)*	1969/70	100mb～	sy. d.
QUIROZ (1975)*	1969/70–1973/74	upper stratosphere	sy. d.

* cited also in other table　　sy. d. means synoptic description

4-2. 人工衛星（第2表）

大気外へ射出される放射の強度は波長により異る，特に15μ 帯（CO_2 吸収・射出帯）についてみれば，この違いは15μ 帯での CO_2 による吸収・射出率の差と CO_2 の量および温度の高度分布によって決定される。一方 CO_2 の吸収・射出率の波長による違いは既知であり，CO_2 の大気中での混合比は70km 付近まではほぼ一定とみなし得るので気圧に対して，その量は推定できる。したがって大気外から15μ 帯の放射スペクトルを測定すれば放射伝達式を逆に解いて CO_2 の温度（すなわち気温）の鉛直分布を知ることができる。

この原理にしたがい，人工衛星に登載した赤外放射計で15μ 帯付近のスペクトル分布を測定することによって気温の鉛直分布が得られている。この方法で55km 付近まで，すなわち上部成層圏から Stratopause の上までの範囲を含め全球的スケールで他の方法では得られない情報を得ることができる。ただし，放射強度から温度への変換，鉛直方向の分解能が悪い等の問題点はある。しかしながらレーウィンゾンデやロケットゾンデでは得ることができない海洋上，低緯度，南半球のデータが得られるという点で意義は高い。特に突然昇温の研究には大きな役割を果すようになった。レーウィンゾンデの届かない上部成層圏以上の総観解析は15μ 帯放射強度とロケットゾンデのデータを組合わせて行うことが，今後しばらく最良かつ唯一の方法であろう。

FRITZ & SOULES (1970) は1969～1970のデータで，成層圏の温度場の大規模な変化を見ているが，1969/70の北半球の突然昇温とその時の低緯度と南半球での気温降下がとらえられている。BARNETT et al. (1971) は1970/71の突然昇温時に北半球について 2 mb, 20mb 面付近の放射強度分布図を作成した。QUIROZ (1971) は放射強度の変化を気温変化と結びつける方法を改善するために過去の突然昇温時のロケットゾンデ等のデータから温度場のモデルを作成し，1969/70の突然昇温でこれを検討している。またその過程で傾いた温度擾乱の移動により昇温域の下降が説明できるとしている。FRITZ & SOULES (1972) は1969/70の突然昇温についてさらに詳細な解析を行い低緯度での気温降下が南半球まで追跡できることを示した。ここまでの段階では先に述べたように放射強度を温度に変換する際の問題点があるためか，いずれも放射強度のまま議論をしている。

QUIROZ (1975) は衛星によるデータが斉一的に使える1969/70以後1973/74までの突然昇温に際しての放射強度場等について調べた。このうち1971/72には本論で言う突然昇温は無い。1972/73および1969/70, 1970/71について放射強度分布図，2 mb 面高度断面（2/10mb の層厚を，放射強度を温度に変換して得これを10mb に重ねることによって）作成し半球スケールでの変動の様相を明らかにしている。さらに1973/74の突然昇温について述べた。この冬は大規模な現象と下部成層圏に影響のない小さな現象が独立にあった。1971/72の小さな昇温の時のデータも含め，下部成層圏まで影響が及ぶか否かの違いを放射強度場でみると，上部対流圏だけの小さな昇温の場合，高い放射強度を示す領域縁辺部での放射強度傾度が一定の値を起えず（すなわち弱いということであろう），またその領域が極向きの動きを示さないとしている。

第3表 Warmings in upper stratosphere and mesosphere

author(s)	period	pressure level	data source	approach
ABITZKE (1968)	1965/66	5mb	rawin & rocket	sy. d.
IROTA (1968)	1965/66	upper stratosphere	rocket & synoptic chart	analytical study
UIROZ (1969)	1965/66	upper strato-& mesosphere	rocket	sy. d.
RITZ & SOULES (1972)*	1969/70	100mb～	satellite	sy. d.
ABITZKE (1972)	1967/68–1970/71	upper strato-& mesosphere	rocket	sy. d.
ILLER et al. (1972)	1969/70	～5mb	rocket & synoptic chart	sy. d. & energetics

* cited also in other table

4-3. 上部成層圏以上における突然昇温（第3表）

上に述べた新しい観測技術の進歩により，上部成層圏の突然昇温現象がわかり始めるのは1960年代後半らである。1965/66は2月に下部成層圏（10mb, 30km）には影響を与えない突然昇温があったことがABITZKE(1968)により5mb(36km)天気図を用いて報告されている。同じ現象に対し，HIROTA(1968)ロケットゾンデのデータ等も用い，温度擾乱を定常部分と移動部分に分離できること，移動部分の西進温度擾乱が西に傾いていることにより昇温の下降が説明できると述べている。QUIROZ (1969) も同じ温を取り上げ，ロケットゾンデのデータ等を用い現象の鉛直的構造を調べ現象が stratopause を超え上中間圏（70km 以上）に及んでいることを示した。また付録として対流圏との関係についても若干の事の指摘を行なっている。

さらに LABITZKE (1972) は1967/68, 1968/69および1970/71の突然昇温の鉛直構造を比較し，上部中圏から下部成層圏まで5週間かかって昇温域が（したがって stratopause も）下降していることを示しいる。昇温域が通過した後は当然気温が下がることになる。また，それが下部成層圏に達すると大規模昇温，本論で言っている突然昇温となり，下部成層圏から上部中間圏までほぼ一様な温度になり strato-use も破壊される（1967/68, 1969/70の場合）。しかるに下部成層圏にまで昇温域が下降しない場合はratopause は若干降下するが維持される。両者の違いの一つは50km～55km 付近の風速にあり前者は後の6倍であった。また1970/71の突然昇温につきロケットゾンデデータにより45km レベル，65km レベの気温場の解析を試みている。

MILLER et al. (1972) は下部成層圏にまで及んでいない1969/70の昇温について5mb 天気図の解析をった後，有効位置エネルギー，運動エネルギーのそれぞれ平均流および渦によるものを，30mb～2mb後の解析した図に基き，100mb～30mb，1000mb～100mb は客観解析の図に基き，昇温の前後について算した。対流圏は常に傾圧的なエネルギー変換が生じているが，成層圏は2層とも有効位置エネルギー平均流と渦の関係は昇温前の $A_Z \to A_E$ が昇温後は $A_E \to A_Z$ と逆転していること，絶対値は1桁下がるの結果を得た。

以上の諸論文により，突然昇温あるいは上部成層圏以上の昇温の，上部中間圏まで含めた構造はかなりかってきてはいるが，エネルギーサイクル等の計算を行うにはまだデータが不十分である。

また，人工衛星・ロケットゾンデのデータを用いて少くとも半球スケールでの突然昇温の三次元構造のデルはそろそろ確立をされよう。

4-4. 南半球・南極における突然昇温（第4表）

この領域に関しては情報が少いことが大きなネックとなって論文が少い。これは観測点が少いこと，および南極付近では厳しい寒さのため気球が十分上空に達する前に破裂しさらにデータが少くなることによ

第4表 Stratospheric warmings in Southern Hemisphere

author(s)	period	data source
WEXLER (1959)	——	rawin etc.
PALMER & TAYLOR (1960)	1957 final warming	rawin
PHILLPOT (1964)	1962	
LABITZKE & VAN LOON (1965)	1957 & 1962	synoptic chart
QUIROZ (1966)	1963	rocket
JULIAN (1967)	1963	rawin, rocket & satellite
SHEN et al. (1968)	1963	satellite
PHILLPOT (1969)	1967	synoptic chart
FRITZ & SOULES (1970)*	1969	satellite
LABITZKE (1974)*	1970–1972	satellite

* cited also in other table

る。また WEXLER (1959) が1950年代に既に示唆しているが，対流圏のプラネタリー波が成層圏へ伝播する結果北半球では突然昇温が起るということから，プラネタリー波の原因となる大陸・海洋の不均等分布の程度が南半球の高緯度では少ないので突然昇温が起こりにくいということは十分考えられる。ただし冬から夏への移行に際する昇温，final warming，は当然ありこれについては PALMER &TAYLOR (1964) 等の報告がある。

本文で言う意味の突然昇温らしいものの最初の報告は1962年について PHILLPOT (1964) によりなされたようであるが，LABITZKE & VAN LOON (1965) は後に述べる突然昇温と対流圏のブロッキング現象が関係あるという南半球における例を見出さんとして，1957年の，北半球の現象に比べればかなり弱い昇温時にブロッキングがあったとしている。QUIROZ (1966) は数少いロケットゾンデのデータを用い1963年に，32km～36km レベルで7月下旬と9月下旬突然昇温があったとしている。

以上の各論文に対し JULIAN (1967) は1963年の突然昇温といわれている現象について，レーウィンゾンデ，ロケットゾンデ，人工衛星（当時未だ南極大陸周辺部までの60°S 以北しかカバーしていない）の気温に関するデータや温度風から求めた温度場に関する情報を比較検討した結果，1963年の突然昇温の現実性には疑問があり，突然昇温を極渦の崩壊および温度場の逆転まで含むものとすれば南半球でそれを満たすような現象は完全には観測されていないと結論した。すなわち，少くとも1957年や1962年の例はダインスの補償により説明できるようだと述べている。

一方 SHEN et al. (1968) は同じ1963年の昇温について人工衛星のデータ（やはり60°S 以北ではあるが）を新たにさらに詳しく処理し，7月下旬に小さな昇温，8月上旬と10月後半から11月にかけて最終昇温があったとしている。ただし前記 JULIAN (1967) の論文を参照した気配はない。

PHILLPOT (1969) は1967年の春は南極大陸上で多くの観測データが得られたので，30mb 面の等高線図（8月20日～11月30日）と温度分布図（10月）を解析することを得た。それにより春の南極の下部成層圏の状態を記載している。それらの図から，極渦縁辺の波動（極夜 jet のメアンダリングと考えてよかろう）の通過と温度変化が良く対応していること（1957年，1962年の昇温はこれによるのではないかと言いたいようである）等を示した。ただし1963年について結論は出していない。

ここまでの段階ではデータが少いためはっきりしたことは言えないという感じもある。LABITZKE (1974) は1970年11月から1972年11月の人工衛星データにより南北半球の緯度80°付近の上部成層圏の温度の変化を示しているが，北半球では1970/71，1971/72両冬とも大幅な昇温があった（前者は下部成層圏ま

で及んだ）のに対し，南半球では何も起っていないことが明らかである。

以上から判断して，今のところ南半球では突然昇温は無いと考えてもおかしくはなかろう。南半球は海陸分布から予想されるように対流圏のプラネタリー波は北半球に比べると弱いので，北半球のような突然昇温は起らないということは松野モデル（MATSUNO, 1971）から容易に導かれることである。同時に極渦は南半球のほうが強いので南極で突然昇温の無いことは極渦の不安定現象により突然昇温を説明しにくいことを意味する（WEXLER, 1959, REED et al., 1963, MATSUNO, 1971）。

この他 FRITZ & SOULES (1970, 1972) は衛星データで南半球の状態や北半球との対比を調べている。

5. 対流圏との関係

今まで紹介してきた論文でもこの件について触れているものは多い。ところがこの問題に焦点を絞って，直接題名に掲げているものは意外と少い。

たとえば，LABITZKE (1965) は1957/58～1963/64の7冬について，小さなもの（下部成層圏で多少の昇温があったが，極渦の崩壊には至らないもの）も含め突然昇温の発生場所は奇数年が北米，偶数年が南ヨーロッパであるとし，さらにヨーロッパ型の昇温の場合，昇温開始後約10日でヨーロッパでブロッキングが起こると述べた。次いで下部成層圏での昇温域の移動方向が赤道成層圏での風の準二年周期と一致すると述べている。しかしながらこの議論は話としては面白いが，突然昇温の強弱を無視して行なわれており (JULIAN, 1967)，昇温開始の決め方にも問題があり，さらにあり得べきメカニズムについても触れていない（当時としては当然ではあるが）ので説得力に乏しい。

JULIAN (1965) は突然昇温のあった4冬と無かった4冬について500mb 面高度場を比較し，前者には高緯度で広範囲に500mb 面の上昇がおこる（無い冬でも上昇はあるが，範囲はせまく，持続しない），平均流の運動エネルギーを比較すると突然昇温がある場合はエネルギーは少く，昇温の前に高緯度の波数1の波動が東進から西進に転ずる等の事実を見出して，対流圏が突然昇温の Energetics に統計的には関係ありと結論している。

本節のはじめで述べたように多くの論文で対流圏への言及があるにもかかわらず，また対流圏のプラネタリー波が突然昇温の原因であると言われているにもかかわらず，この問題がその後の LABITZKE (1977, 1978, 後述）をのぞき系統的に調べられていないことは不思議なことである。

6. 補遺そしておわりに（第5表）

3節では1960年代後半までの個々の冬の突然昇温について論じている研究を取り上げた。したがってその後の突然昇温のうち4節で触れなかったものは今のところ抜けている。また突然昇温の有無にかかわらず季節変化あるいは冬の状態を何年かにわたって比較したものも抜けている。

さらに突然昇温の生じていない静かな年ないしは冬の状態は突然昇温が如何に大規模かつ劇的な現象であるか理解するための対比として知っておく必要がある。他方少なからず存在するそれら静かな冬の状態に関する知識を欠くことは成層圏の完全な理解には許されぬことであろう。

これらについて一括してここで述べる。

下部成層圏の季節的変動の特徴は，かなり以前から HARE (1960) 等によって記述されている。

WILSON & GODSON (1963) は1949/50から1958/59の10冬について100mb 10日平均温度場より，北半球の極渦の型を，シベリア・アラスカにリッジがありヨーロッパに中心がずれた型と，カナダとシベリアにトラフがある極渦が伸長した型の二つに分けた。そしてその理由に対流圏の役割を強調している。

OORT (1964) は1957年7月～1958年6月の IGY 期間について Energetics の季節変化を調べた。この間突然昇温はあったが，3カ月平均値で論じているのでその影響は明瞭にとらえられていないため3節では取り上げなかった。対流圏からのエネルギー供給の可能性が指摘されている。

第5表 supplements including climatological descriptions

author(s)	period	pressure level	specification
HARE(1960)	——	lower stratosphere	seasonal change
WILSON & GODSON (1963)	1949/50–1958/59	100mb	seasonal & year to year change of temperature field
OORT(1964)	Jul. 1957–Jun. 1958	100mb, 30mb	seasonal change, energetics
FINGER et al.(1966)	1964–1966(IQSY)	5mb, 2mb, 0.4mb	rocket, synoptic description
JOHNSON & GELMAN (1968)	1964–1966(IQSY)	50mb, 10mb, 5mb, 2mb, 0.4mb	statistical study
HIROTA & SATO(1969)	1963–1967 (Jan.-Mar.)	30mb	year to year change
NEWELL & RICHARDS (1969)	1964–1966(IQSY)	100mb, 10mb	sesonal change, energetics
MILLER(1970)	1964–1968	100mb	seasonal & year to year change, energetics
TAMIYA(1973)	Jul. 1957–1968	10mb	seasonal & year to year change
LABITZKE(1974)*	1970–1972	upper stratosphere	seasonal change, Northern & Southern hemisphere
QUIROZ(1975)*	1969/70–1973/74	upper stratosphere	year to year change
RUSSELL et al.(1976)	Oct. 1972–Mar. 1974(1972/73)	10km–30km	laser radar, stratospheric aerosol
LABITZKE(1977)	1964/65–1975/76	30mb	year to year change
LABITZKE(1978)	1970/71–1971/72	500mb, 200mb, 30mb	analytical study
	1964/65–1970/71	500mb	year to year change

* cited also in other table

IQSY (1964～1966) については，ロケットゾンデの所で述べた，FINGER et al. (1966) の総観解析，JOHNSON & GELMAN (1968) の50mb 10mb の高度・気温場の統計的研究，NEWELL & RICHARDS (1969) の100mb～10mb 領域におけるエネルギー flux の計算がある。

HIROTA & SATA (1969) は1963～1967の1～3月について30mb 面高度等から，波数1・2のプラネタリー波の変動等を調べている。

MILLER (1970) は1964～1968について100mb における geopotential flux を波数別に調べ，それと10mb の循環の相関，その年々変化等を論じた。

TAMIYA (1973) は1957/58～1969について10mb の高度場のパターンの変動を調べ，突然昇温時には高度場の変動は明瞭であるが，弱い昇温の場合には変動がほとんど認められないことを示した。

南半球の突然昇温 (4-4) でも触れたが LABITZKE (1974) は1970年11月～1972年11月の人工衛星のデータを用いて上部成層圏の両半球における温度場の季節変化の相違を記載しており，最大の差は晩冬から春にかけてあらわれると述べている。すなわち，高緯度では下部成層圏は北半球のほうが暖かいのに対し上部成層圏では逆になっている。これは，突然昇温による鉛直混合が北半球にだけあるという話に結びつく。

QUIROZ (1975) の論文は衛星データを使ったもので4-2で既に述べた。

RUSSELL et al. (1976) はレーザーレーダーを用いて1972年10月から1974年3月まで成層圏 (10km～30km) のエアロゾルの測定を California (37.5°N, 122.2°W) で行ったが，この間1972/73の突然昇温が起っている。これに際し，1月上旬まで25km (25mb) 付近にあったエアロゾルの濃度のピークが1月末

に20km (50mb) 付近に降下していることを見出した。エアロゾルの濃度のピークは2月中旬には再び上昇している。これは突然昇温にともない大規模な下降運動があることを意味しよう。

LABITZKE (1977) は1964/65～1975/76の北半球大循環の年による違いを30mb 面を中心に調べた。波数1・2の波動の年による違いを調和解析により求め突然昇温の有無は波数2の波動の鉛直構造の違いに認められるとしている。さらに，LABITZKE (1978) は，上にひき続いて，1970/71の突然昇温について，1971/72の小規模な昇温と対比し，波数1と波数2の波動を比べると，前者が対流圏・成層圏を通じて発達するとき突然昇温が起こること，極渦の崩壊した後波数2の波動は急速な移動を示すことを指摘している。このような研究はもっと早くから行なわれてもよかったと思われるが，ベルリン自由大学気象学研究所の長年のデータ蓄積があって始めて可能な研究（毎日毎日の天気図からの grid point の高度値等の読み取りは，10年前には，女子職員が二人がかりで数字を唱えながらやっていたものである）であるのかもしれない。成層圏の突然昇温に関し，若干の試行錯誤も伴いながらも，発見者の後を継いだような感じで，継続的かつ様々な方面で発言している LABITZKE 女史の仕事はまとめて評価すべきであろう。同女史や最近精力的に仕事を進めている QUIROZ の突然昇温とのかかわり方と比較すると，日本人のそれは極めてユニークであるという印象をうけた。

もし突然昇温という現象が存在しなくも成層圏の研究は行なわれたであろうが事実認識の深化にはもっと時間がかかったことであろう。観測技術が下部成層圏をクリアしたとたん突然昇温が発見され，成層圏の研究は突然昇温の研究という時代が続いたが，今後は MAP (Middle Atmosphere Programm, 廣田 (1978) の紹介がある）において志向されているように，中間圏・上部成層圏全体を把握し，そのなかで突然昇温現象の細部にわたる実態の調査を含めた研究がなされていくことであろう。たとえば，半球スケールかつ中間圏まで含んで見た場合の突然昇温の定義，分類は今日行なわれているものよりもう少し精密にする必要はあろう。今のところこのようなことを意識している印象を与えるのは QUIROZ だけである。それによってモデル化もまた異った観点からなされることになろう。

なお stratopause 形成に密接な関係があり，したがって突然昇温への影響を無視できないオゾン層関係の論文についても取上げるべきであったかもしれないが，今回は省略した。またモデル化，数値実験の背景となる理論的研究も省略した。超長波あるいは北半球成層圏大循環に関しては10年ほど前突然昇温に関する Energetics が一段落しつつある時点で，廣田 (1968)，新田 (1968) によって Review されている。

以上で本文を終る。対象とした論文は原則として入手しやすいものばかりであるので，原図・原表の引用は行なわなかった。また文献カードを並らべただけの感も残るが，御容赦願いたい。

本文をまとめるにあたり，昭和53年度文部省科学研究費補助金総合研究（A)，気候変動，（代表者，河村武筑波大学教授）の一部を使用した。また，準備段階で筑波大学大学院地球科学研究科，気候学・気象学演習の時間を使わせて戴いた，同演習を主宰された吉野正敏教授，河村武教授および同演習での討論に参加された各位に末筆ながらここに記して謝意を表する。

文　献

新田　尚(1968)：対流圏と下部成層圏の相互作用における超長波の役割．気研ノート，95，80–108.
廣田　勇(1968)：超長波の力学に関する諸問題．気研ノート，95，62–79.
廣田　勇(1978)：動き出した MAP（中層大気国際観測計画)．天気，25，709–714.
松野太郎(1971)：成層圏突然昇温について．天気，18，483–491.
松野太郎(1977)：成層圏の気象—突然昇温を中心として．科学，47，2–10.
BARNETT, J. J., HARWOOD, R. S., HARGHTON, J. T., MORGAN, C. G., WILLIAMSON, E. J., PECKHAN, G. and SMITH, S. D. (1971) : Stratospheric warming observed by Nimbus IV.

nature, 230, 47-48.
CHARNEY, J. G. and DRAZIN, P. G. (1961) : Propagation of planetary-scale disturbances from the lower into the upper atmosphere. JGR, **66**, 83-110.
CRAIG, R. A. and HERING, W. S. (1959) : The stratospheric warming of January-February 1957. JM, **16**, 91-107.
CRAIG, R. A. and LATEEF, M. A. (1962) : Vertical motion during the 1957 stratospheric warming. JGR, **67**, 1839-1854.
ELIASSEN, A. and PALM, E. (1960) : On the transfer of energy in stationary mountain waves. Geof. Publ. Geoph. Norv., **22**, 1-23.
FINGER, F. G. and TEWELES, S. (1964) : The mid-winter 1963 stratospheric warming and circulation change. JAM, **3**, 1-15.
FINGER, F. G., WOOLF, H. M. and ANDERSON, C. E. (1966) : Synoptic analyses of the 5-, 2-, and 0.4mb surfaces for the IQSY period. MWR, **94**, 651-661.
FRITZ, S. and SOULES, S. D. (1970) : Large-scale temperature changes in the stratosphere observed from Nimbus III. JAS, **27**, 1091-1097.
FRITZ, S. and SOULES, S. D. (1972) : Planetary variations of stratospheric temperature. MWR, **100**, 582-589.
GEISLER, J. E. (1974) : A numerical model of the sudden stratospheric warming mechanism. JGR, **79**, 4989-4999.
HARE, F. K. (1960) : The disturbed circulation of the Arctic stratosphere. JM, **17**, 36-51.
HIROTA, I. (1967) : The vertical structure of the stratospheric sudden warming. JMSJ, **45**, 422-435.
HIROTA, I. (1968) : Planetary waves in the upper stratosphere in early 1966. JMSJ, **46**, 418-430.
HIROTA, I. and SATO, Y. (1969) : Periodic variation of the winter stratospheric circulation and intermittent vertical propagation of planetary waves. JMSJ, **47**, 390-402.
IWASHIMA, T. (1973) : Observational studies of the ultra-long waves in the Atmosphere (I), part 1. daily behaviour of the quasi-stationary and travelling ultra-long waves during the stratospheric sudden warming. JMSJ, **51**, 209-229.
IWASHIMA, T. (1974) : Observational studies of the ultra-long waves in the atmosphere (II), part 2. ultra-long-wave energy processes during the stratospheric sudden warming. JMSJ, **52**, 120-142.
JOHNSON, K. W. (1969) : A preliminary study of the stratospheric warming of December 1967-January 1968. MWR, **97**, 553-564.
JOHNSON, K. W. and Gelman, M. E. (1968) : Temperature and hight variability in the middle and upper stratosphere during 1964-1966 as determined from constant pressure charts. MWR, **96**, 371-382.
JULIAN, P. R. (1965) : Some aspects of tropospheric circulation during midwinter stratospheric warming events. JGR, **70**, 757-767.
JULIAN, P. R. (1967) : Midwinter stratospheric warmings in the Southern hemisphere; general remarks and a case study. JAM, **6**, 557-563.
JULIAN, P. R. and LABITZKE, K. B. (1965) : A study of atmospheric energetics during the January-February 1963 stratospheric warming. JAS, **22**, 597-610.
LABITZKE, K. B. (1965) : On the mutual relation between stratosphere and troposphere during periods of stratospheric warmings in winter. JAM, 4, 91-99.
LABITZKE, K. (1968) : Midwinter warmings in the upper stratosphere in 1966. QJRMS, **94**, 279-291.
LABITZKE, K. (1972) : Temperature Changes in the mesosphere and stratosphere connected with circulation change in Winter. JAS, **29**, 756-766.
LABITSKE, K. (1974) : The temperature in the upper stratosphere: differences between hemispheres. JGR, **79**, 2171-2175.
LABITZKE, K. (1977) : Interannual variability of the winter stratosphere in the Northern

hemisphere. MWR, 105, 762–770.
LABITZKE, K. (1978) : On the different behavior of the zonal harmonic height waves 1 and 2 during the winters 1970/71 and 1971/72. MWR, 106, 1704–1713.
LABITZKE, K. and VAN LOON, H. (1965) : A note on stratospheric mid-winter warmings in the Southern hemisphere. JAM, 4, 292–295.
LATEEF, M. A. (1964) : The energy budget of the stratosphere over North America during the warming of 1957. JGR, 69, 1481–1495.
MCINTURFF, R. M. (1978) : Stratospheric warmings : synoptic, dynamic and general-circulation aspects. NASA reference publication 1017, 166p.
MAHLMAN, J. D. (1969) : Heat balance and mean meridional circulation in polar stratosphere during sudden warming of January 1958. MRW, 97, 534–540.
MATSUNO, T. (1971) : A dynamical model of the stratospheric sudden warming. JAS, 28, 1479–1494.
MILLER, A. J. (1970) : The transfer of kinetic energy from the troposphere to the Stratosphere. JAS, 27, 388–393.
MILLER, A. J., BROWN, J. A. anb CAMPANA, K. A. (1972) : A study of the energetics of an upper stratospheric warming (1969–1970). QJRMS, 98, 730–744.
MILLER, J. A., and JOHNSON, K. W. (1970) : On the interaction between the stratosphere and troposphere during the warming of December 1967-January 1968. QJRMS, 96, 24–31.
MIYAKODA, K. (1963) : Some characteristic features of winter circulation in the Troposphere and lower stratosphere. Dept. Geophysical Sci., University of Chicago, Tech. Rep., 93p.
MIYAKODA, K., STRICKER, R. F. and HEMBEE, G. D. (1970) : Numerical simulation of breakdown of the polar night vortex in the stratosphere. JAS 27, 139–154.
MUENCH, H. S. (1965) : On the dynamics of the wintertime stratospheric circulation. JAS, 22, 349–360.
MURAKAMI, T. (1965) : Energy cycle of the stratospheric warming in Early 1958. JMSJ, 43, 262–283.
NEWELL, R. E. and RICHARDS, M. E. (1969) : Energy flux and convergence patterns in the lower and middle stratosphere during the IQSY. QJRMS, 95, 310–328.
NEWSON, R. L. (1974) : An Experiment with a tropospheric and stratospheric three-dimensional general-circulation model. Proc. third conf. climatic impact assessment program, U. S. department of transportation rep. DOT-TSC-OST-74-15, 461–473.
OORT, A. H. (1964) : On the energetics of the mean and eddy circulations in the lower stratosphere. Tellus, 16, 309–327.
PALMER, C. E. and TAYLOR, R. C. (1960) : The vernal breakdown of the stratospheric cyclone over the South Pole. JGR, 65, 3319–3329.
PERRY, J. S. (1967) : Long-wave energy processes in the 1963 sudden stratospheric warming. JAS, 24, 539–550.
PHILLPOT, H. R. (1964) : The springtime accelerated warming phenomenon in the Antarctic stratosphere. International Antarctic analysis center, technical reports, 3, Commonwealth bureau of meteorology, Melbourne.
PHILLPOT, H. R. (1969) : Antarctic stratospheric warming reviewed in the light of 1967 observations. QJRMS, 95, 329–348.
QUIROZ, R. S. (1966) : Mid-winter stratospheric warmings in the Antarctic revealed by rocket data. JAM, 5, 126–128.
QUIROZ, R. S. (1969) : The warmings of the upper stratosphere in February 1966 and the associated structure of the mesosphere. MWR, 97, 541–552.
QUIROZ, R. S. (1971) : The determination of the amplitude of stratospheric warmings from satellite-measured radiance changes. JAM, 10, 555–574.
QUIROZ, R. S. (1975) : The stratospheric evolution of sudden warmings in 1969–74 determined from measured infrared radiation fields, JAS, 32, 211–224.
QUIROZ, R. S., Miller, A. J. and Nagatani, R. M. (1975) : A comparison of observed and

simulated properties of sudden stratospheric warmings. JAS, **32**, 1723–1736.
REED, R. J., WOLFE, J. L. and NISHIMOTO, H. (1963) : A spectral analysis of the energetics of the stratospheric sudden warming of early 1957. JAS, **20**, 256–275.
RUSSELL, P. B., VIEZEE, W., HAKE, R. D. Jr. and COLLIS, R. T. H. (1976) : Lidar observations of the stratospheric aerosol: California, October 1972 to March 1974. QJRMS, **102**, 675–695.
SALTZMAN, B. (1957) : Equations governing the energetics of the larger scales of atmospheric turbulence in the domain of wave number. JM, **14** : 513–523.
SCHERHAG, R. (1952) : Die explosionsartigen Stratosphärenerwarmungen des Spätwinters 1951–52. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-zone, B. 6, **38**, 51–63.
SCHERHAG, R. (1960) : Stratospheric temperature changes and the associated changes in pressure distribution. JM, **17**, 575–582.
SEKIGUCHI, Y. (1963) : Energy variation in the stratosphere during the winter season and its relation to dynamic stability of the polar vortex. Atmospheric research laboratory, University of Oklahoma, ARL-1277-3, 46p.
SHEN, W. C., NICHOLAS, G. W. and BELMONT, A. D. (1968) : Antarctic stratospheric warmings during 1963 revealed by 15-μ Tiros VII data. JAM, **7**, 268–283.
SIMMONS, A. J. (1974) : Planetary-scale disturbances in the polar winter stratosphere. QJRMS, **100**, 76–108.
TAMIYA, H. (1973) : Versuch einer jahreszeitlichen Gliederung der nordhemisphärischen 10-mb-Fläche. Sci. Rep. of the Tokyo Kyoiku Daigaku, **11**, no. 109, 171–184.
TEWELES, S. (1958) : Anomalous warming of the stratosphere over North America in early 1957. MWR, **86**, 377–396.
TEWELES, S. (1963) : A spectral study of the warming epoch of January-February 1958. MWR, **91**, 505–519.
TEWELES, S. and FINGER, F. (1958) : An abrupt change in stratospheric circulation beginning in mid-January 1958. MWR, **86**, 23–28.
WEXLER, H. (1959) : Seasonal and other temperature changes in the Antarctic atmosphere. QJRMS, **85**, 196–208.
WILSON, C. V. and GODSON, W. L. (1963) : The structure of the Arctic winter stratosphere over a 10-yr period. QJRMS, **89**, 205–224.
WEBB, W. L. (1966) : Structure of the stratosphere and mesosphere. Academic press, 382p.

(1979年7月17日受理)

abbreviations

JAM Journal of Applied Meteorology
JAS Journal of the Atmospheric Sciences
JGR Journal of Geophysical Research
JM Journal of Meteorology
JMSJ Journal of the Meteorological Society of Japan
MWR Monthly Weather Review
QJRMS Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society

地学雑誌 88, 5 (1979)

大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義

町田　洋* 新井房夫**

Daisen Kurayoshi Pumice: Stratigraphy, Chronology, Distribution and Implication to Late Pleistocene Events in Central Japan

Hiroshi MACHIDA and Fusao ARAI

Abstract

The eruptions of the Daisen Valcano (35°22′N, 133°33′E) were mainly rhyodacitic and of the paroxysmal type, producing several extensive sheets of tephra. The Kurayoshi pumice (DKP, for short), one of the excellent Late Pleistocene markers arising from the Daisen valcano, is rhyodacitic in composition with abundant hornblende and orthopyroxene crystals and relatively small amount of biotite. Its identification can be made from the above mentioned mineral assemblages as well as from the characteristic refractive index of orthopyroxene (γ=1.703–1.708) and of hornblende (n_2=1.673–1.682) and the specific crystal habit of orthopyroxene. This pumice-fall deposit occurs on marine and fluvial terraces in the San'in and Hokuriku districts facing the Japan sea and extends eastward beyond the Northern Japan Alps to north Kanto plain as a thinner discontinuous layer. Stratigraphic relation with the dated tephra layers in north Kanto indicates that the pumice was probably deposited between about 47,000 and 45,000 years ago. That is, this pumiceous deposit is found at the intermediate horizon between Yunokuchi Pumice (UP, slightly younger than 49,000 YBP) and Hassaki Pumice (HP, 40,000–44,000 YBP) in north Kanto, about 500 km far from the Daisen.

Daisen Kurayoshi Pumice wonld be particularly valuable for establshing chronological framwork as a fundmental time-marker in arears where no suitable markers have yet been documented. Moranic deposit of the Murodo glacial advance at Mt. Tateyama, Northern Japan Alps, is mantled by this marker and overlies the Raicho-dai pumice-fall deposit, products of the earliest stage of volcanic activity of Tateyama III, which is correlated with the Omachi EPm deposit approximately 60,000 years old. Distribution of these two unreworked tephras indicates that major valley glaciers had nearly disappeared by the times of these initial tephra falls. The glacial advance at Mt. Tateyama, the most extensive of the advances during Last Glacial age, therefore, apparently culminated between about 55,000 and 50,000 years ago. On the other hand, a filltop terrace repesented by Uwadan terrace along the River Joganji flowing from

* 東京都立大学理学部地理学教室 Dept. Geography, Fac. Science, Tokyo Metropolitan Univ.
** 群馬大学教育学部地学教室 Dept. Geology, Fac. Education, Gumma Univ.

Mt. Tateyama, is covered by DKP and is nearly younger than the pyroclastic flow deposit of Tateyama III. Accumulation of the river of Uwadan stage is, therefore, simultaneous and probably associated with the Murodo glacial advance.

I 序　論

伯耆大山火山の東麓，倉吉から東方の鳥取県内には，後期更新世に噴出した一枚の厚い降下軽石層が分布する。これは村山・大沢 (1961) が倉吉市駄経寺の露頭で上部ローム A_1 の黄褐色軽石層として記載され，その後小畑 (1966) が，鳥取から松江にいたる鍵テフラの一層という意味で Key b と呼び，さらに山陰第四紀研究グループ (1969) が大山中部火山灰（累層）下部の鍵テフラ，倉吉浮石層として記載したものにあたる。

本稿では，この降下軽石層の岩石記載的特性と，それが山陰～北陸地方を広くおおい，他の火山起源のテフラ・溶岩と特定の層位関係をもつとともに，河成・氷成の堆積物やその地形の形成時代，形成環境を考察する上できわめて意義の深いテフラ層であることをのべる。記載にあたり本層の統一的名称として MACHIDA (1976)，町田 (1977) が採用した，大山倉吉軽石層（簡単には倉吉軽石（層），記号 DKP）を用いる。

倉吉軽石層の分布に関する従来の知見としては，山陰第四紀研究グループ (1969) が，分布の西端が大山より西方の松江市および島根県八東郡玉湯町であり，東は兵庫県春来峠まで認められることをのべている。いっぽうこれに先立って，三浦・藤田 (1967) は北陸地方にまで，大山中部ロームの倉吉浮石層が分布することを指摘した。これらに対して，町田・新井 (1978) は，大山より西方に分布する軽石層は，倉吉軽石層とは別の降下軽石層（大山松江軽石層）であること，そして倉吉軽石層の分布域の東部は新潟県から群馬県下まで確認できることをのべた。

倉吉軽石層の噴出年代については，大山北麓における名和火砕流堆積物がこれと同一層準にあるとみなして，その ^{14}C 年30,200±3500 YBP (GaK-225) を採用する意見が多い（山陰第四紀研究グループ，1969；赤木，1973など）。しかし，上記 ^{14}C 年は ^{14}C 法の限界に近い古さであり，誤差が大きいと予想されることや名和火砕流堆積物と Key b とは同一層準でないという意見（小畑，1966）もあって，問題が解決しているわけではない。上記のように，倉吉軽石層は広大な地域をおおうテフラだけに，すでに放射年代が測定されたり，推定されたりしている示標テフラ諸層との層位関係がわかる可能性がつよい。したがって同層の年代は，こうした多くの資料から改めて検討し，あわせて堆積当時の古環境も明らかにする必要がある。

一枚のテフラが重要な時間示標層として認識されるためには，分布と層位・年代が解明されていなければならないが，それにも増してテフラそのものの特性が記載されることがテフロクロノロジーにあっては基礎である。これまで大山周辺のテフラについては，佐治ほか (1975) がかなり詳しい記載を行なった。しかし，後述のように，倉吉軽石層に近い層準には，岩相と鉱物組成の点できわめてよく似た降下軽石層が数枚も存在する。このためその類別には，相互のより詳しい岩石記載的特性の記載がつよく要請されるのである。

そこで本稿では，第一に，大山火山の諸テフラ層につき層位と特性を記載し，そのなかで倉吉軽石層がいかに特徴づけられるかを記す。第二に，そのような特性から追究される本層の分布範囲と層位・年代についての新知見をのべる。第三に，本層が日本の第四紀研究の中でどのような意義をもつかにつき，氷河編年や河川の浸食・堆積史の問題を，本層がおおう飛騨山地立山と常願寺川を例にして論ずる。

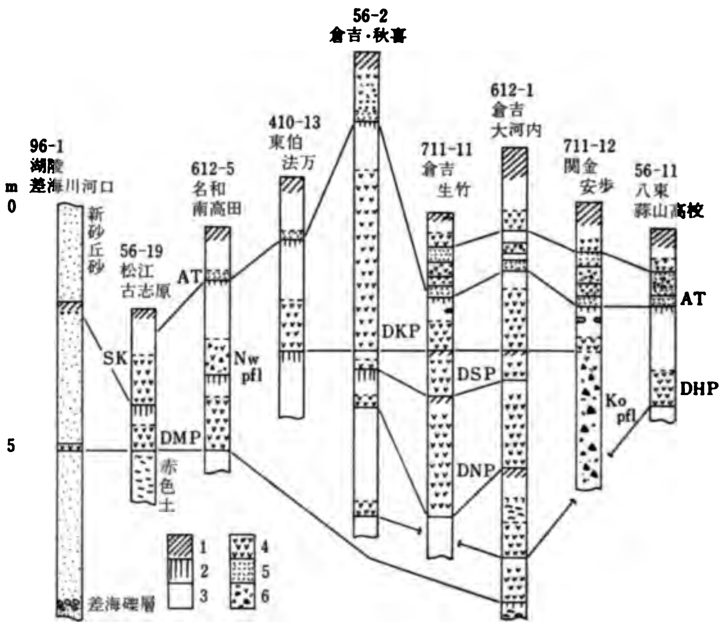
II 大山山麓の更新世後期の諸テフラ層と倉吉軽石層の特性

日本の多くのテフラと同様，大山のテフラもその東麓においてほぼ連続的な層序を組み立てることがで

第1表　大山山麓における示標テフラ層の諸性質

テフラ層名	給源火山	性状	大山山麓での分布	試料採取地点	厚さ (cm)	試料純度	斑晶鉱物などの岩石記載的特性：主要鉱物組成	斑晶鉱物などの岩石記載的特性：屈折率 n(ガラス), γ(シソ輝石), n_2(角閃石)
アカホヤ火山灰(Ah)	鬼界カルデラ	afa	全域 クロボク土中	関金町鴨ケ丘 612-3	土壌化のため不明	C	gl, hy, au	$n=1.502\sim1.512$
鏡(かがみ)ケ平(なる)軽石	大山	pfa	東南麓 局地的？	江府町鏡ケ平 711-10	<90	A	ho≫hy>mt(bi)	$\gamma=1.703\sim1.707(1.705)$ $n_2=1.671\sim1.676$
弥(み)山(せん)軽石	大山	pfa	東麓一帯	同上	<60	A	ho>hy>mt(bi)	$\gamma=1.703\sim1.707(1.705)$ $n_2=1.670\sim1.675$
上のホーキ	大山	pfa～afa	東麓一帯	関金町曾谷 56-5	15	C	ho>hy≑mt	$\gamma=1.703\sim1.707(1.706)$ $n_2=1.676\sim1.689$
オドリ火砕流 (小鴨川新期火砕流)	大山	pfl	東麓一帯 薄層ながら分布広し	同上	≫30	B	ho>hy≑mt (bi, qt)	$\gamma=1.703\sim1.707$ $n_2=1.673\sim1.679(1.675)$
下のホーキ	大山	pfa～afa	東麓一帯	関金町安歩 711-12	20	A	ho>hy>mt(bi)	$\gamma=1.704\sim1.707(1.706)$ $n_2=1.674\sim1.678(1.675)$
姶良 Tn 火山灰 (AT)	姶良カルデラ	afa	全域 厚さ一定(20cm)	中山町一息坂峠 56-13	20	B	gl hy, ho(qt)	$n=1.499\sim1.501(1.500)$ $\gamma=1.733$, $n_2=1.676$
未命名 黒雲母含有火山灰	三瓶山？	afa	断片的	倉吉市森 56-7	<15	C	ho>mt>bi>hy	$n_2=1.673\sim1.680$
名和火砕流	大山	pfl～mfl	東麓・北麓	山陰線名和駅 612-6	>3000	A	ho>hy≑mt(bi)	$\gamma=1.702\sim1.707(1.704)$ $n_2=1.673\sim1.679(1.676\sim1.677)$
倉吉軽石(DKP)	大山	pfa	東麓から ENE 広域 (図3，4)	倉吉市秋喜 56-2	370	A	ho>hy>mt(bi)	$\gamma=1.702\sim1.708(1.704)$ $n_2=1.673\sim1.680(1.677\sim1.678)$
関金軽石(DSP)	大山	pfa	東麓一帯 (図3，4)	倉吉市生竹 711-11	75	A	ho≧hy≧mt(bi)	$\gamma=1.698\sim1.704(1.700)$ $n_2=1.677\sim1.684$
生竹軽石(DNP)	大山	pfa	東麓一帯 (図3，4)	同上	>210	A	ho>hy>mt(bi)	$\gamma=1.700\sim1.705(1.702)$ $n_2=1.678\sim1.685$
蒜山原(ひるぜんばら)軽石(DHP)	大山	pfa	東麓一帯 広域か	八束村蒜山高校 56-11	>50	A	ho>bi≑mt	$n_2=1.673\sim1.679$
松江軽石 (DMP)	大山	pfa	出雲市～松江～大山東麓	松江市古志原 56-19	50	A	ho>mt (bi)	$n_2=\{1.670\sim1.676(1.673)$, $1.657\sim1.664(1.6595)$*
				倉吉市大河内 612-1	120	A	ho>mt (bi,hy)	$n_2=\{1.670\sim1.676(1.674)$, $1.656\sim1.661(1.659)$*

〔性状〕 afa, 降下火山灰； pfa, 降下軽石； pfl, 火砕流； mfl, 泥流；〔試料純度〕A, 本質物質（軽石)のみ純化して供試したもの； C, 本質物質の純化困難なもの； B, A と C の中間；〔主要鉱物組成〕gl, 火山ガラス； qt, 石英； ho, 角閃石； hy, シソ輝石； au, 普通輝石； bi, 黒雲母； mt, 磁鉄鉱；〔屈折率〕* 印はカミングトン閃石



第1図　大山山麓のテフラ柱状図

1，腐植質火山灰土(クロボク層)；2，クラック帯(埋没土)；3，褐色火山灰土；4，軽石層；5，火山灰層；6，火砕流堆積物. SK, 古志原軽石(木次軽石)；DMP, 大山松江軽石；AT, 姶良 Tn 火山灰；Nwpfl, 名和火砕流堆積物；DKP, 大山倉吉軽石；DSP, 大山関金軽石；DNP, 大山生竹軽石；Kopfl, 小鴨川古期火砕流堆積物；DHP, 大山蒜山軽石

大部分の柱状図の位置は第3図に示してある

きる。これまで，大山東麓のテフラ累層は，不整合関係などによって上位から上部，中部，下部，最下部の4層にわけられたが，これらはいずれも累層あるいは層群の単位であって，境界となる不整合面の形成条件や年代などは充分には解明されていない。本稿では，曖昧さの残るこの累層単元での記載は避け，厳密な時間示標層のみを扱うことにする。そこで少なくとも従来の下部火山灰以上については，単一噴火輪廻のテフラ層を固有名で呼ぶ。最下部火山灰の大部分については記載を省略する。

大山東麓で識別される示標テフラ層の特性記載は第1表のとおりである。また主なテフラ柱状図は第1図に示されている。

従来，大山一帯の更新世後期のテフラ層はすべて大山火山から噴出したと考えられていたが，倉吉軽石層の上位にあって Key a, 20cm パミス，法万浮石，キナコなど多数の名をもつガラス質火山灰層は，南九州から飛来した姶良 Tn 火山灰（AT）そのものである(町田・新井，1976)。このほか，表土をなすクロボク層中に同じく南九州鬼界カルデラを給源とするアカホヤ火山灰（Ah）がある（町田・新井，1978)。さらに AT と DKP との間に薄い火山灰層が認められるが，それは三瓶火山の古志原（木次）軽石層または池田軽石層（松井・井上，1971）に対比される可能性がある(第1表の未命名黒雲母含有火山灰)。大山山麓の更新世後期のテフラ層は，これら外来の広域示標テフラ層と倉吉軽石層に代表される大山起源のテフラ層によって層位を確定でき，かつ他の地域との関係も明らかにすることができる。

1. 大山火山が噴出したテフラの特徴

第1表の記載から明らかなように，分布と粒度の点から大山火山に起源することが明らかなテフラで

は，かなり共通した特徴がみられる。すなわち，1）重鉱物組成の点では，角閃石（緑色角閃石が多いが，褐色角閃石やカミングトン閃石を少量含むものもある）を優勢な重鉱物とし，シソ輝石，黒雲母，強磁性鉱物を含む（シソ輝石をほとんど欠くものもある）。2）シソ輝石は長柱～針状ないし中角柱でしかも扁平な晶癖をもつことが多い（とくに扁平なものは倉吉軽石の場合に顕著）。3）シソ輝石の最大屈折率は比較的低く，第1表にあげたものは γ=1.695～1.709に入る（とりわけ1.704～1.707が多い）。また緑色角閃石はへき開片の n_2=1.670～1.685のものが大部分である。4）三瓶火山のテフラに比べると，イ　一般に斑晶鉱物の含量が多い。ロ　黒雲母，石英の含量が少ない。ハ　火山ガラスはいずれも軽石型で，しかも陸上に堆積したテフラでは，風化・粘土化していて僅少である。

こうした特徴は，将来中国，近畿，中部，関東などの各地で，大山起源のテフラを同定するための重要な手がかりとなるであろう。

ところで，大山系のテフラに上記のような類似した特徴があることは，個々のテフラの同定を困難にするのではないかと受けとられ易いが，実際には野外における岩相・層位の特徴，屈折率の高精度な測定，さらに特定鉱物の晶癖や包有物の状態などの特徴を詳しく調べることによって一層一層を確実に同定することが可能となる。

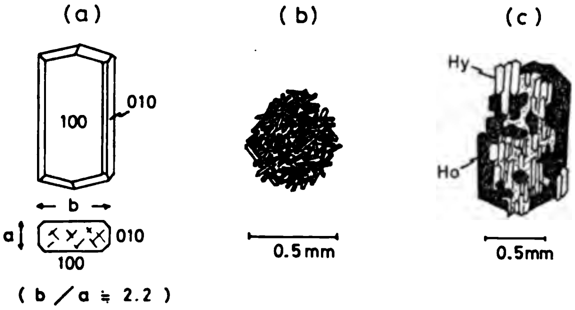
ここでは本稿の主題である倉吉軽石層の同定問題を中心に，大山東麓で野外の岩相が類似した3枚のテフラの識別をのべよう。

2. 倉吉軽石層およびこれに類似した岩相をもつ軽石層の諸特性

第1図56-2のように，倉吉市街地とその北方の地域では，姶良 Tn 火山灰（AT）の下位に厚さ3～4 m に達する顕著な降下軽石層は1層しか認められず，その他のテフラはいずれも厚さ50cm どまりの薄層にすぎない。しかし倉吉から南西へ数 km 行くと第1図711-11や 612-1のように，AT の下位にある降下軽石の厚層は3～4枚以上になり，区別が難しくなる。それらはいずれも，イ　黄橙色に風化し，ロ　径数 cm の粗粒軽石からなり，ハ　厚さが似ており，ニ　角閃石，黒雲母の斑晶を含み，ホ　イモゴライトやマンガンノジュールの生成がみられるなどの点でよく似ている。倉吉から関金方面へ露頭を一つずつ丹念に調べると，第1図のように56-2にある「倉吉軽石層」は612-1や711-11の軽石累層のうちの最上位のものにあたることがわかるが，関金付近では露頭によりどれかを欠くこともある。このような点から，倉吉軽石層の同定には，この層のみならずその下位にある降下軽石層の特徴づけもあわせて要請されるのである。

軽石層の特徴づけにあたり，標準として選んだ露頭は倉吉市生竹（第1図の711-11）である。ここでは倉吉軽石層（DKP）の下位2枚目の降下軽石層は，すでに生竹浮石層（DNP）と呼ばれており，大山下部火山灰（累層）を構成するものとされていた（佐治ほか，1975）。両者の中間にある軽石層は，従来倉吉軽石層の一層に含められていたが，これは明らかに独立のもので，新たに分布中心地の地名をとって関金軽石層（DSP）と呼ぶ。これら3層は第1表に示したように，斑晶をなす重鉱物は互いに類似し，ho>hy>bi>mt の組成をもつが，シソ輝石と角閃石の屈折率は一層ごとにやや異なる。すなわち，DKP のシソ輝石 γ は他の2層より高く1.703～1.708（モード1.7045）を占め，角閃石の n_2 は他の2層より低く1.673～1.682にある。これが岩石記載的特徴の第一である。第二に，より顕著な特徴として挙げられるのは，第2図に示したように，倉吉軽石層のシソ輝石の晶癖が（100）面のよく発達した清澄な平板状をなすことである。鏡下での計測によると，（100）面の幅と（010）面の幅の比は約2.2である。これに対し DSP のシソ輝石は一般に細かい針状でかつ往々にそれらが集合して球状をなす集斑晶を含むこと，また DNP では角閃石斑晶中に微細なシソ輝石を多数包有（連晶）することでそれぞれ特徴づけられる（第2図）。

倉吉軽石層の上記晶癖をもつシソ輝石斑晶は，その特有の屈折率とあわせて，他にほとんど類例がないために数百km も隔たった遠方の地で同層を識別する上の重要な手がかりとなる。また関金軽石層と生竹軽石層のシソ輝石と角閃石の斑晶の特徴は，屈折率と合わせて，その同定を確実にする。



第２図　大山倉吉軽石など主要軽石層中の斑晶の特徴
(a) 倉吉軽石 (DKP) 中のシソ輝石斑晶の晶癖
(b) 関金軽石 (DSP) 中のシソ輝石集斑晶
(c) 生竹軽石 (DNP) 中の角閃石斑晶 (Ho, 角閃石；Hy, シソ輝石)

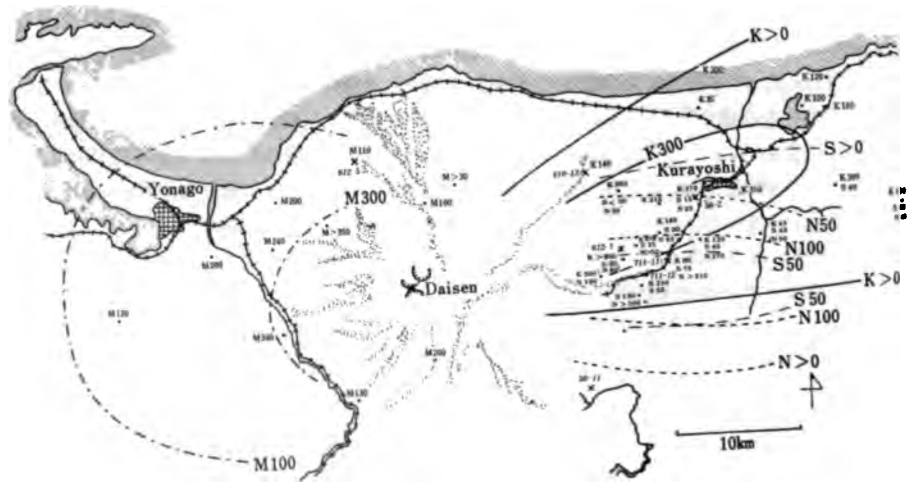
このような特徴によって互いに類別し，画かれたこれら３降下軽石層の分布・等厚線図は第３図のとおりである。倉吉軽石層は大山北麓では大山から東北東に主軸をもち，南北の幅10km 足らずの範囲に分布する。また関金軽石層と生竹軽石層はこれよりやや南方の，大山山頂からほぼ東方に分布軸をもち，帯状の範囲に分布する。

3.　倉吉軽石層と火砕流堆積物との関係

大山山麓には更新世中期とみられる古い層準から更新世末のクロボク層直下の層準にいたるまで，数多くの火砕流堆積物（泥流も含む）が認められる。その中で従来倉吉軽石層と同層準と考えられたものに，北麓の名和火砕流（名和軽石流または名和泥流）堆積物（太田，1962；山陰第四紀研究グループ，1969）と東麓の小鴨川古期火砕流堆積物（新称，日野，1970の小鴨川流域の軽石流堆積物にあたる）とがある。

前者の分布城には降下層としての倉吉軽石層は分布しない。名和町南高田（第１図，612-5）において，名和火砕流堆積物の下位にある降下軽石層は後述の松江軽石層（DMP）にあたる。しかし，名和火砕流堆積物は，ほぼ倉吉軽石層と同一サイクルの噴出物と考えられる。それは第１表に示したように，名和火砕流堆積物中の軽石片についての岩石記載的特徴が，倉吉軽石層のそれと類似しているからである。

後者すなわち小鴨川古期火砕流積物と倉吉軽石層との関係は，この火砕流が軽石降下堆積のほぼ中頃に噴出したものであることを示唆する。それは，第１図711-12などでは，厚い火砕流堆積物の直上に倉吉軽石層の上半部とみられる降下軽石がのっている事実からの判断である。この火砕流堆積物からなる段丘の背後の高位の段丘上には，厚さ３m 余の降下物としての倉吉軽石層が堆積しているのに対して，火砕流堆



第３図　大山山麓における主要テフラの分布図
K，倉吉軽石層；S，関金軽石層；N，生竹軽石層；M，松江軽石層；アルファベットにつづく数字は厚さ (cm)，×印は第１図の柱状図の位置

物上には僅か30cm～1m 程度の厚さのものしか認められない。また小鴨川古期火砕流堆積物中の本質
石の特徴は倉吉軽石層のそれと似る。したがって倉吉軽石層の下半部はこの火砕流噴出に先行する降下
石である可能性がつよい。

このように倉吉軽石層の噴出時には火砕流も噴出したと考えられ，その噴火によって大山火山の山体は
しく破壊され，小型のカルデラ（三鈷峰カルデラ？，太田，1962）が生じたと推定される。このあと更
世末までテフラでいえば少なくとも4回のサイクルの大爆発があったが，倉吉軽石層の噴出は，大山の
動史の中・後期における最大規模のものであったとみられる。

4. 大山から西方，松江方面に分布する軽石層（大山松江軽石層）

前にふれたように，大山から松江方面に分布する黄橙色粗粒の降下軽石層は，従来倉吉浮石層とされて
たが，両者は第3図のように分布域を異にするのみならず，重鉱物組成も異なる全く別のテフラ層であ
。たしかに野外での岩相は倉吉軽石層のそれに似るが，第1表の松江軽石層の岩石記載のように，この
石は倉吉軽石に多く含まれるシソ輝石斑晶をほとんど含まず，角閃石（8：2または9：1の割合で緑
角閃石とカミングトン閃石からなる）を主要重鉱物とし，それに黒雲母，強磁性鉱物を含む。この特徴
もつものは，大山西麓のみでなく，その他の方向の山麓にも認められるし，またこれまで調査した限り
は大山から西へ約80km 隔たった，出雲市妙見砂丘や湖陵町差海川河口でも，後期更新世海成層の上位
砂層中に厚さ20cm 余の軽石層として識別できる。正岡（1972）が中ノ海湖底堆積物中で安来層の下部
山灰としたものもこれにあたるであろう。

このように松江軽石はその分布の特異性と広さからいって重要な鍵層となるが，これに酷似した岩石記
的特徴をもつ降下軽石層が東麓にも認められることにより，その意義は一層評価される。

大山東麓において松江軽石層に酷似し，同定できると思われる軽石層は第1図612-1（倉吉市大河内）の
うに，生竹軽石層より2枚下の黄橙色軽石層である。これは佐治ほか（1975，第1図，第1表）が同じ
頭で記載したテフラのうち，大山最下部火山灰（累）層最上部のⅣ期の下部軽石層（試料番号19）にあ
るもので，シソ輝石はほとんどなく，角閃石は緑色角閃石とカミングトン閃石（含有率9：1）とから
る。屈折率も西麓の松江軽石層のそれに酷似する（第1表）。なお同露頭では，生竹軽石の下位に9枚余
降下軽石層があるが，松江軽石の特徴に似たものは上記軽石以外にはない。

なお，この大河内における松江軽石層と生竹軽石層との中間にある軽石層は，第1表のようにシソ輝石
ほとんどないことなどの特徴では松江軽石層のそれに似るが，カミングトン閃石を含有しない。そして
の層は倉吉市周辺のみならず，大山の東南東方向にあたる蒜山原などに広くみられるので（第1図，
-11），蒜山原（ひるぜんばら）軽石層（DHP）と新称することにする。これは広域に追跡できる可能性をもつもので，琵
湖湖底コア（200m）のテフラ BB 85（YOKOYAMA，1975）はこれにきわめて似た岩石記載的特性[1]を
っている。

ところで，このように大山周辺に広く分布する松江軽石層はいつごろ噴出したものであろうか。倉吉市
河内では，この軽石層の下位に顕著な赤色土層がみられる。なお，似た赤色土層は生竹軽石の下位にも
られるが，その土壌化の程度は低い。また，前述のとおり西端の分布地である湖陵町差海川河口での露
では（第1図，96-1），その層位は最終間氷期海成層の直上とみられるし，松江市の乃木段丘上で赤色土
上位にのること（第1図，56-19）などの事実がある。これらからみると松江軽石層の噴出は最終間氷期
（多分下末吉期，13万年前）よりやや新しい時代に行なわれたと推測される。

大山の火山地形の特色の一つに，山麓扇状地がある。扇状地礫層には新旧いろいろあるが，その対比や
域環境を含めた火山山麓地形の発達史を考察する上で，松江軽石層は今後基準層として用いられるであ
う。

---

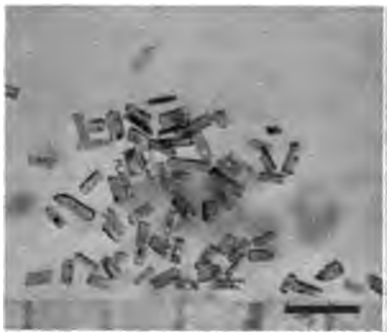
1) BB-85の重鉱物組成；緑色角閃石≒黒雲母≫強磁性鉱物，角閃石の n_2=1.675（モード）

III　中部日本における倉吉軽石層の分布とその層位・年代

1.　遠隔地での倉吉軽石層の同定

鳥取市から東方へ大山を離れるにつれて，倉吉軽石層は厚さと粒度を減少させる。給源から250km程度の距離（福井・石川県下）では，厚さ10cm 余で土壌化程度の低い鮮黄橙色の軽石層として野外で観察できることが多い。それより遠隔地になると，細粒軽石層として肉眼で識別できるところはごく僅かとなり，一般には土壌化した褐色火山灰土となる。松本盆地・長野盆地以東ではおおむねこのような岩相となる。こうした軽石薄層や褐色火山灰土から倉吉軽石層を正しく判定するには次の方法によった。1) 露頭において厚さ10～20cm ずつ連続的に火山灰土試料を採取する。2) 試料約50g をカルゴン溶液中で超音波により粘土分を完全に除去し，乾燥する。3) 鏡下で前述した倉吉軽石に特有の晶癖をもつシソ輝石斑晶を検索し，それがもっとも多く含まれる試料を見出す。4) その試料のシソ輝石と角閃石につき，新井(1972)の方法による屈折率測定を行なう。測定精度は，高屈折率用アッベ屈折計を利用した結果，浸液誤差0.0002±，検鏡誤差0.001±，総合誤差0.002±である。

中部日本各地の火山灰土には，倉吉軽石層起源と思われる扁平な晶癖をもつ清澄なシソ輝石のほかに，いうまでもなく別起源のシソ輝石が多く含まれている。それらの区別は，写真1に例示したように明確であるので，前者のみを手選し，屈折率測定を行なうと，前記のような倉吉軽石層のそれに特有のγ値を示すのである。



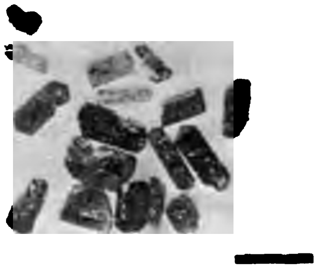


写真 1　倉吉軽石層中のシソ輝石（左写真）とこれに混在する他の火山起源のシソ輝石（右写真）
群馬県中之条町蟇原の DKP 層準から選別．スケールは 1 mm.

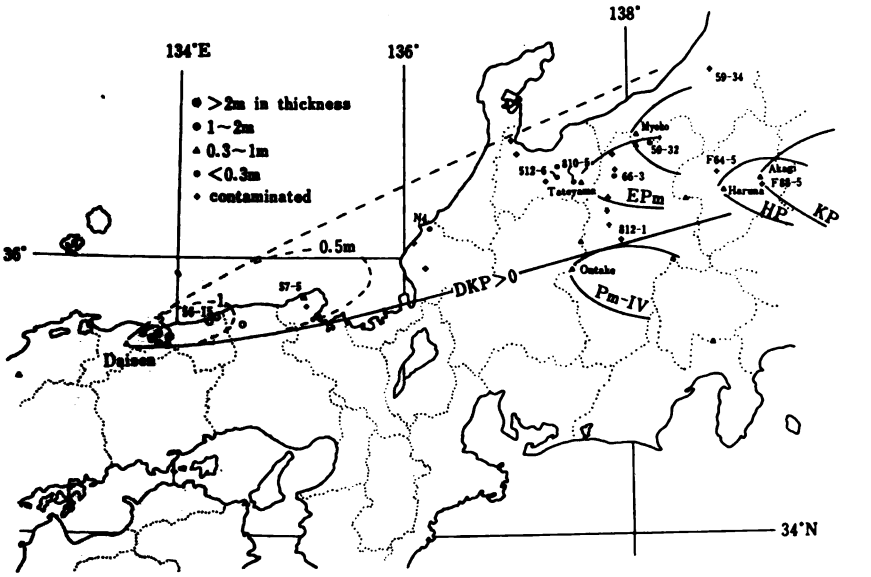
なお，第2図(a)のような晶癖のシソ輝石斑晶は，倉吉軽石層以外に，より下位（最下部火山灰累層）の軽石層にもしばしばみられる。遠隔地のテフラにおいても，同じ特徴のシソ輝石が見出されるものがあり（大阪層群のカスリ火山灰層や浜松・佐浜泥層中の2火山灰層など），いずれも大山起源である可能性を示唆している。一方，このように特異な晶癖を示すシソ輝石が大山起源のテフラに特徴的に含まれることは，鉱物学的にも興味深い。

2.　鳥取から北関東にいたる諸地域の倉吉軽石層

上記した倉吉軽石層の特徴に基づいて，その分布範囲を北近畿から中部日本一帯で調べた結果は，第4図のとおりである。すなわちその南縁はおよそ宮津—敦賀—塩尻—前橋を結ぶ線である。北縁については，大部分が海域であって資料がないためまだ不明確である。

現在までに判明した倉吉軽石層の最遠の分布地点は，大山から500km 余離れた北関東赤城山麓や新潟県小千谷である。将来の調査によってさらに東方の栃木県北部や福島県下でも見出されるにちがいない。

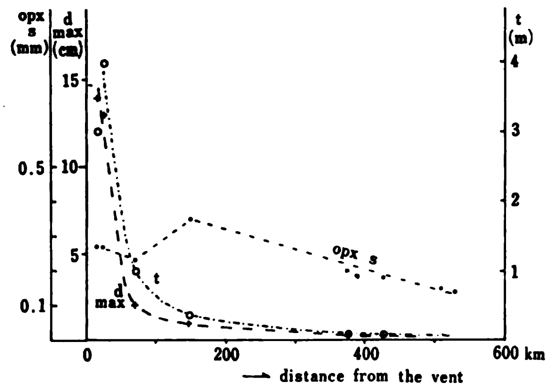
第4図に示した倉吉軽石層の分布域はおよそ$5.5\times10^4km^2$ で，従来知られている御岳第1軽石層や支笏



第４図　大山倉吉軽石層の分布図
地点番号は第６図の柱状図番号に対応する

1 降下軽石層のそれとほぼ同規模（陸上の布域はこれらを上回る）である。なお等厚図により推算される倉吉軽石層のみかけの積はおよそ$20km^3$である。

このような広域テフラでは，空中運搬によ篩分け作用の結果，到達距離と軽石粒度，離斑晶粒度，鉱物組成に一定の関係がみらることが多い。第５図には倉吉軽石層の場を示した。鉱物組成の点では，風化程度がすんでいるためか，遠隔地での火山ガラス軽鉱物含量の増加はさほど顕著ではない。たシソ輝石斑晶粒度は軽石粒度の減少程度どには，著しい減少傾向を示さない。こと給源からの距離150km 地点（丹後町間人）は，給源近傍よりもむしろ粗大なシソ輝石晶をもっている。



第５図　大山倉吉軽石層の厚さ，軽石・斑晶粒度と飛翔距離との関係
opx s，斜方輝石斑晶 (100) 面短径の平均(15～20コの平均値)；d_{max}，軽石粒最大粒径；t，軽石層の厚さ

第２表には，これら各地で同定された倉吉軽石層の諸性質が示されている。またそれらの産出層位は第図のとおりである。

広域に分布するテフラは各地でさまざまな地形面や地層と層位関係をもち，地史の内容を充実させる，この倉吉軽石層も例外ではない。ここではまず，約4.5～4.7万年前という時代を決定させた，北関東フラ累層との関係をのべよう。

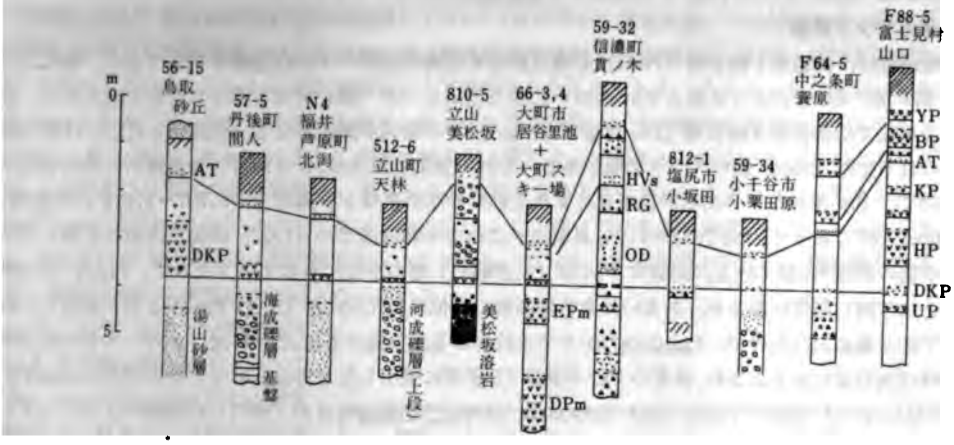
3.　北関東における倉吉軽石層の層位と年代

前述のとおり，従来倉吉軽石層に与えられていた ^{14}C 年は約３万年前であった。たしかに第６図の各地

第2表 各地の大山倉吉軽石層の諸性質

試料採取地点	No.	北緯	東経	標高	厚さ (cm)	産状	鉱物組成	斜方輝石 屈折率 (γ) レーンジ(モード)	角閃石 屈折率 (n_2) レーンジ(モード)
鳥取市鳥取砂丘	56-15	35°32.2′	134°14.5′	60 m	100	or-yel. p.	ho>hy>mt, (bi)	1.702-1.707(1.704)	1.677-1.682(1.679)
京都府丹後町間人	57-5	35°44.2′	135°06.1′	20	>35	yel-or. p.	ho≫mt>hy ≫au, (bi)	1.703-1.708(1.705)	1.674-1.680(1.678)
福井県芦原町北潟	N-4	36°16.3′	136°14.2′	50	>10	yel-or. p.	ho≥hy≒mt (bi)	1.702-1.707(1.704)	1.676-1.681(1.679)
富山県立山町天林	512-6	36°35.6′	137°20.0′	260	> 5	yel-or. f. p.	ho≒hy≒mt (bi)	1.702-1.707(1.704)	1.674-1.679(1.678)
〃 立山町美松坂 (弥陀ケ原)	810-5	36°34.4′	137°34.0′	2050	10	yel-or. f. p.	hy≥ho≥mt (bi)	1.703-1.706(1.704)	1.675-1.681
長野県大町市居谷里池	66-3	36°32.1′	137°52.1′	820	> 8	yel. f. p.	ho≒hy>mt	1.703-1.708(1.705)	1.676-1.682(1.679)
〃 信濃町貫ノ木 (黒姫山麓)	59-32	36°49.1′	138°11.8′	720	5	yel-or. f. p.	ho≥hy>mt (bi)	1.702-1.707(1.704)	1.675-1.680
〃 塩尻市小坂田	812-1	36°06.0′	137°59.5′	800		*	—	1.702-1.707(1.704)	—
新潟県小千谷市小粟田原	59-34	37°20.2′	138°47.9′	90		*	hy≥ho>mt (bi)	1.702-1.706(1.704)	—
群馬県中之条町蓑原	64-5	36°37.0′	138°45.0′	580		*	hy>ho>mt (bi)	1.702-1.706(1.704)	1.676-1.680
〃 富士見村山口 (赤城山麓)	88-5	36°29.0′	139°04.3′	340		*	hy>ho>mt	1.703-1.707	—

* 印，土壌化し，肉眼では識別不能なもの
yel, yellow; or, orange; f, fine; p, pumice



第6図　各地の大山倉吉軽石層を中心としたテフラ柱状図
テフラの記号は本文参照，凡例は第1図と共通，三角黒点はスコリア層，
柱状図位置は第4図と第2表参照

柱状図のようにこの軽石層を2.1～2.2万年前の姶良 Tn 火山灰層がおおっているので，矛盾はない。しかし後述の松本盆地や妙高・黒姫山麓のテフラ累層中では姶良 Tn 火山灰の層準よりはるかに下位にあり，しかも黒姫山麓では>3.2万 ^{14}C 年のスコリア層準よりも古いことがわかっている(早津・新井，印刷中)。そこですでに層位と年代が詳しく位置づけられている北関東のテフラ累層（新井，1971）中での同層の産出層準が問題解決への鍵となる。

北関東での倉吉軽石層は，分布限界に近いため，野外で肉眼的に識別し得る軽石層の産状を示さない。しかし，前記した同層のシソ輝石斑晶の特徴を手がかりに，それが多く含まれている層準を丹念に捜した結果，第6図の F 88-5のように，榛名火山噴出の八崎軽石層（HP）と赤城火山の湯ノ口軽石層（UP）との中間層準に，倉吉軽石層を見出すことができたのである。八崎軽石層の年代は ^{14}C 法では40.5±3.5千年前(大島，未発表)，フィッション・トラック法では44±4.5および42±９千年前と測定されている（鈴木，1976)。また湯ノ口軽石層の年代は，直接には測られていないが，南関東の東京軽石層（TP，フィッション・トラック法によると約49千年前，町田・鈴木，1971）の直上にあることが，関東中部で確められている(新井，1962)。なお，北関東テフラ累層ではこのほかに八崎軽石層の上位に鹿沼軽石層（KP）があって31～32千年前の古さが与えられている(鈴木，1976)。これらの示標テフラ層の放射年代は，層位関係とも矛盾がないのできわめて信頼性が高いといえよう。

このように，倉吉軽石層の噴出年代は八崎軽石層と湯ノ口軽石層との間の火山灰土の堆積速度を一定とすれば，約4.5～4.7万年前と推定することができる。

4.　松本盆地，妙高・黒姫山麓における倉吉軽石層の層位

大町テフラ累層

松本盆地北部では，主に立山火山に起源するいわゆる大町テフラ（中谷，1972）が知られている。その上部層には大町 DPm 層（DPm）と大町 EPm 層（EPm）との２枚の降下軽石層があり，さらに大町より北方，白馬山麓の親ノ原一帯には土倉(ひじくら)火山砂層（HVs，小疇ほか，1974）が EPm の上位にある。

倉吉軽石層はこれらの示標テフラ層のうち EPm と HVs との間にある(第6図，66-3，4)。したがって EPm は4.5万年前より古く，HVs は2.2万年前（AT）と4.5万年前とのほぼ中間，およそ３～3.5万年前の頃に降下堆積したと考えられる。この年代は早津・新井（印刷中）が，HVs は妙高テフラ地域

の兼俣火山灰層（KM，約3万年前）に対比できるとしたこととともよく符合する。

御岳起源のテフラ累層

松本盆地南部は，御岳第1軽石層（Pm-I）をはじめとする御岳起源テフラの北縁分布地である。塩尻付近では，第6図，812-1のように厚さ2m余のいわゆる波田ローム（累）層の下部に倉吉軽石層が同定される。この層位では御岳第4軽石層（Pm-IVまたはSc-I）との関係が問題となる。同露頭と付近では倉吉軽石層準の直下に厚さ25cm弱のスコリア層がある。これの重鉱物組成は，シソ輝石＞普通輝石＞角閃石＞強磁性鉱物で，Pm-IVにない角閃石が含まれ，またそれらの屈折率はシソ輝石 $\gamma=1.707\sim1.712$；角閃石 $n_2=1.690\sim1.697$であって，Pm-IVのそれ[2]と異なる。これは小林武彦ほか（1977）が御岳山麓で記載した千本松軽石層の特性[3]に似ている。同層はPm-IV（三岳軽石）層の下位にあるテフラなので，Pm-IVは倉吉軽石層とほぼ同じ層位にあるか，あるいは倉吉軽石層の上位の風化火山灰土中にPm-IVと似た特性をもつスコリア粒が認められるので，Pm-IVの方がやや上位にある可能性がある。Pm-IVは，かつて木曽川泥流堆積物とほぼ同層位にあるとされ，後者の^{14}C年約2.7万年前に噴出したと考えられてきたが（Quaternary Research Group of Kiso Valley and KIGOSHI, 1964），小林国夫ほか（1971）の指摘のようにこれより古い層準にある。また倉吉軽石層より下位にあるPm-IIIの放射年代は，これまで約3.5万年前とされてきたが（KOBAYASHI and SHIMIZU, 1966；KIGOSHI, 1967；福岡・木越，1971），これより古そうである。

妙高・黒姫火山のテフラ累層

妙高・黒姫の火山山麓から東方の信濃川沿岸一帯には，これらの火山に由来するテフラ累層が分布する。その主体は一枚一枚が比較的薄い苦鉄質のスコリア層とその風化層であるため，角閃石や黒雲母斑晶を含有する倉吉軽石層は，薄層ながら際立った存在である。その層位は信濃町貫ノ木露頭（第6図，59-32）において，黒姫火山起源の大平スコリア層（OD）の直下にある[4]。また，これより上位にあって前述の土倉火山砂層，HVsに対比される兼俣火山灰層を直上に伴なう六月火山礫層（RG）は約3.5万年（35,010±1230YBP, GaK-7822，早津ほか，印刷中）の^{14}C年がつけられている。さらに倉吉軽石層の下位からは大町EPmや同DPm層そして同APm層も検出されている（早津・新井，印刷中）。このように妙高・黒姫山麓のテフラ累層は倉吉軽石層をはじめとする外来の示標テフラ層を豊富にもつので，今後その分布地である信濃川中流域で，河成段丘などの対比・年代決定に大きく寄与する地層となろう。

IV　倉吉軽石層と層位関係をもつ飛驒山地の氷成堆積物と河成段丘

倉吉軽石層が日本の第四紀の重要な示標層の一つであることは，次のように飛驒山地における氷成堆積物・地形や河成段丘の編年に，重要な役割を果す事実からも明らかである。

1.　立山における氷河編年

これまで日本の氷河編年については，多くの試案が提出されたり，議論が行なわれた（MINATO und HASHIMOTO, 1954；橋本・熊野，1955；KOBAYASHI, 1958；KOBAYASHI and SHIMIZU, 1965；平川・小野，1974；五百沢，1974；小疇ほか，1974；深井，1974，1975；小野・平川，1975；小野，1975；小林，1977など）。しかし，編年の時間軸に放射年代の目盛りを入れることはまだ手さぐりの段階にある。日本アルプスではわずかに木曽山地熊沢岳や白馬岳東面松川北股入（小疇ほか，1974）で推定されているにすぎない。テフロクロノロジーからこの問題に接近するには，第一に氷食を受けた山地に数多くの示標テフラ層が分布せねばならず，第二に，そうしたテフラの保存のために平坦地や緩斜地のあることが望ましい。この点を勘案すると，ここでとりあげる立山弥陀ケ原一帯は，日本アルプスの中でも氷河編年のた

2)　Pm-IVのシソ輝石 $\gamma=1.703\sim1.708$（モード1.705～1.706）

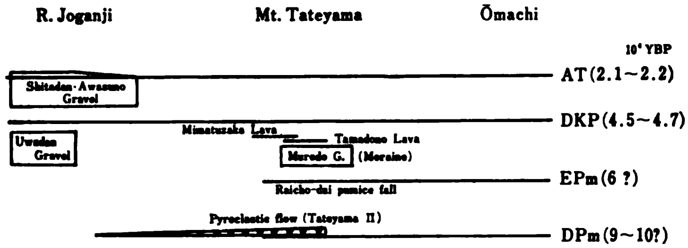
3)　千本松軽石層のシソ輝石 $\gamma=1.704\sim1.710$（モード1.705～1.709），角閃石 $n_2=1.686\sim1.693$

4)　豊野層団体研究グループ（1969）の図2の柱状図で，倉吉軽石層は野尻ロームIIの下部にある。

つ条件に恵まれた地域だといえる。

深井（1974）は立山周辺の氷河前進期を３分し，古い方から室堂氷期，一ノ越亜氷期，浄土亜氷期と呼ぶ。このうち室堂氷期とは，立山火山第２期火砕流堆積物（YAMASAKI, *et al.*, 1966）の上にのり，同３期の玉殿溶岩におおわれる室堂礫層により設定されたものである。たしかに室堂礫層は基盤岩の氷食を多く含み，淘汰の著しく悪い氷堆石と考えられる堆積物で，分布範囲は室堂付近から西方２km にも及び，厚さ60m に達する。そして末端は称名川上流によって削りとられている。このような点からみる室堂氷期の氷河の前進規模は，新しい２亜氷期のものよりはるかに大きかったと考えられる。その時について深井（1974）は弥陀ケ原ブナ坂における立山第３期活動期の降灰によるとみられる赤土層中のミズナラ材の ^{14}C 年が3.1万年前より古いことから，ヴュルム氷期前半より古く，間氷期をはさんだもう一つ前の氷期の可能性が大きいとのべている。

ところで，こうした問題をはじめ室堂礫層の層位について，弥陀ケ原における大山倉吉軽石層の発見や氷成堆積物の上にある立山火山噴出物の同定・対比をとおして，けっきょく第７図のような結果がえられた。すなわち室堂礫層はテフラでいえば，大町 EPm 層より新しく，大山倉吉軽石層（DKP）より古いことになる。ここでその根拠となる諸点をあげておこう。



第７図　飛驒山地立山を中心とした地域の主要テフラと氷成・河成堆積物の層序関係

弥陀ケ原から常願寺川中流部亀谷にかけて広く分布する立山第２期火砕流堆積物が大町 DPm 層に対比されるという意見は，小林武彦（1975）ものべたが，両者の岩石記載的特徴もきわめてよく似ており（第３表），両者が同一噴火輪廻の噴出物であることを保証している。おそらく，DPm 層の噴出・降下にひきつづいて，火砕流が火口より西方に噴出・流下したのであろう。

立山第２期火砕流堆積物を不整合におおい，室堂礫層におおわれる堆積物に，深井（1975）の雷鳥台砂礫層がある。これは厚さ約30m 余の成層した堆積物で，深井が水成層とみなしたものであるが，多量の軽石，スコリア，黒曜石，岩片を含み，かつ淘汰のよいことや成層することからみて，明らかに多くのユニットからなる降下テフラ層であり[5]，砂礫層という名称は不適当なので雷鳥台降下軽石層と改称する。そして本層は軽石，スコリアの岩石記載的特性や層序からみて，大町 EPm 層と同一層である（第３表）。なお弥陀ケ原を広くおおう立山第３期火砕流堆積物（YAMASAKI, *et al.*, 1966）も，その特性は EPm 層のそれによく似る（第３表）。EPm 層（雷鳥台降下軽石層）は立山火山第３期の初期の噴出物であろう。

室堂礫層を直接おおう玉殿溶岩流は，YAMASAKI *et al* (1966) によると，立山火山第３期溶岩流のうち室堂山溶岩と国見岳溶岩の上位に重なるものである。そしてその上位に美松平溶岩流がのる。大山倉吉軽石層が厚さ10cm の，明瞭な鮮黄橙色細粒軽石層として認められたのは，この美松平溶岩をおおう堆積物である（第６図，810-5）[6]。

なお弥陀ケ原では，これらの他姶良 Tn 火山灰層（AT）やアカホヤ火山灰層（Ah）も各地で観察できる。

ところで，大町 EPm 層より新しく，大山倉吉軽石層より古い，室堂礫層を形成した氷河前進期の年代はどの位であろうか。大町 EPm 層にあたる雷鳥台降下降石層は氷食を受けていないので同層と室堂礫

5) YAMASAKI, *et al.* (1966) は「室堂平北東，浄土沢左岸に厚さ40m 程の降下火砕物が露出する」とのべている。おそらくこれにあたるのであろう。
6) 関西学院大室山荘南西150m の立山登山道路北側の崖面。第６図中美松坂溶岩は美松平溶岩の誤。

第3表　立山火山のテフラの諸性質と対比

テフラ名称	試料採取地	主要鉱物組成	屈折率 γ(シソ輝石), n_2(角閃石)
立山火山第2期火砕流堆積物（溶結凝灰岩）	立山・室堂	hy≥ho>bi≥au≥mt; qt	γ =1.713-1.722(1.715-1.720) n_2=1.688-1.692*
	立山町亀谷	ho>bi>hy>mt; qt	γ =1.712-1.720(1.713-1.718) n_2=1.684-1.689*
大町 DPm 層	大町市大町スキー場	hy≥ho>au≥bi>mt; qt	γ =1.711-1.722(1.715-1.719) n_2=1.679-1.687(1.678-1.685)
	大町市乳川第1段丘	同上	γ =1.712-1.721(1.715-1.719) n_2=1.679-1.685
立山火山・雷鳥台降下軽石層	立山・雷鳥台	ho≥hy>mt>bi	γ =1.717-1.722(1.720) n_2=1.679-1.686
〃 第3期火砕流堆積物	立山弥陀原美女平	hy≥ho>mt>bi	γ =1.717-1.722 n_2=1.678-1.685
大町 EPm 層	大町市大町スキー場	hy≒ho>mt>bi	γ =1.716-1.723(1.719) n_2=1.678-1.684(1.680)
	大町市乳川第1段丘	hy>ho>bi>mt	γ =1.715-1.722(1.717-1.721) n_2=1.678-1.686

* 高温酸化の影響で他に比べて高い屈折率をもつ

層の時間間隙はやや大きいとみなせる。それにしても大町 EPm 層の噴出年代が求められる必要がある。それは将来何らかの方法で求められるであろうが，いまのところ松本盆地や妙高・黒姫山麓などで年代がわかっているテフラ層（Ah, AT, DKP）の層位をもとに，これら示標層の間の火山灰土の堆積速度の平均値が DKP と EPm との間にも通用すると仮定して推定する以外に道はない。それによると，EPm 層はおよそ6万年前のころとなる。また EPm 層の下位にある DPm 層の年代は同様な方法で推算すると，およそ9万年前の古さになるが，それは御岳第1軽石層（Pm-I）の下位にあるという層位と矛盾する値ではない。

以上のような EPm 層（雷鳥台降下軽石層）そして倉吉軽石層の年代に基づくと，室堂礫層の年代は5.0～5.5万年前を中心にすると考えられる。

最終氷期のピークが1.8万～2.2万年前だとする意見は世界的にまだ根強いが，最近，5.5万年前の頃の氷河前進（寒冷）が2万年前の頃に近いかむしろそれを上回る規模であったとする意見がみられるようになった（たとえば KENNETT and HUDDELSTUN, 1972; PORTER *et al.*, 1977)。立山でも深井 (1974) の室堂氷期は一ノ越・浄土亜氷期よりも大規模な氷河前進期である。KOBAYASHI and SHIMIZU (1965) の熊沢岳池ノ平モレーンIを形成した氷河前進期も，テフロクロノロジカルには前者に対比できそうである。

5万～5.5万年前といえば，南関東では箱根火山のテフラ，三浦軽石や東京軽石の噴出した時期にあたる。この時期は三崎面形成の亜間氷期的高海水準の後で，著しい海面低下期にあたる。多摩川や相模川沿いのこの時期の河成段丘（中台段丘）はその前後の段丘に比べて急勾配であって，低海面期に形成されたものと考えられる。当時の海面低下量がどれほどであったかは今後の調査にまつが，このような事実は立山における5万～5.5万年前の氷河前進期とよく符合するものである。

ところで深井 (1974) の一ノ越・浄土両亜氷期の年代をテフロクロノロジーで付与する仕事はまだ完成していない。しかし，天狗原～美松坂では，姶良 Tn 火山灰（の土壌化した層）の直下の層準に，やや円磨された基盤岩礫と火山岩礫とが介在する事実は見逃すことができない。それはこの堆積物がこれら亜氷期

れかのアウトウォッシュ性のものである可能性を指示するからである。またこの堆積物は常願寺川沿つ粟巣野段丘（顕著な堆積段丘）の層位とも似ている。今後これの分布や性状につき詳しい調査が必要ある。

. 常願寺川の河成段丘の編年

立山に水源をもつ常願寺川の河成段丘は，火山活動，氷食作用，地殻運動に深い関わりをもつ興味深いであるため，これまで数多くの研究が行なわれてきた（市川，1931；川田，1942；深井，1956；藤井，66）。しかし，段丘の上下流への対比については，いろいろな意見があった。地形面の連続性に加えて，赤土と呼ばれていた段丘最上層の地層中に姶良 Tn 火山灰や倉吉軽石の有無を検索することによっ，次のように対比し，その形成時代を位置づけることができる。その結果は藤井（1966）の対比に似る。

千寿ケ原より下流の河岸には，最古期のものを除けば堆積段丘としては上段（うわだん）段丘と粟巣野段丘で代表さる2つの時期の段丘が顕著である。その他の段丘は non-cyclic な浸食段丘である。

上段段丘　立山町天林から上段へかけてと左岸では大山町上野に広く分布する。この段丘礫層は立山火第2期火砕流堆積物より新しく，かつ倉吉軽石層より古い。倉吉軽石層は立山町天林と同町芦見・上宮などの地点で段丘礫層の上位に，厚さ10cm ていどの細粒軽石層として明確に見出すことができる（第表，第6図，512-6）。したがって倉吉軽石層の降下期には，河川は堆積をやめ，下刻に移行していたこがわかる。なお立山第3期火砕流堆積物の礫も上段段丘礫層中に僅かながら見出されるので（常願寺川体研究グループ，1969），同段丘礫層の大部分は同火砕流より新しいと判断される。

粟巣野段丘　大山町粟巣野から立山芦峅寺をへて下段へとつながる河成段丘である。粟巣野と芦峅寺でともに厚い段丘礫層の最上部に，厚さ約10cm の姶良 Tn 火山灰が介在する。倉吉軽石層は全く見出さない。したがって常願寺川の粟巣野段丘形成期の顕著な堆積は，姶良 Tn 火山灰の噴出期（約2.1万～万年前）の直前に活発であり，同火山灰降下直後の頃から河川は下刻へ転じたことがわかる。なお下の横江や下段の段丘では，姶良 Tn 火山灰は段丘被覆層の中には見出されない。段丘礫層中にその層があるのかもしれない。

上段段丘と粟巣野段丘に代表される常願寺川の2回の顕著な堆積期は，テフロクロノロジーの観点から立山における室堂氷期と一ノ越・浄土亜氷期にそれぞれ対応するとみることができるであろう（第7図）。うしてみると，常願寺川の顕著な堆積作用は，氷食作用や周氷河作用のもとで，上流斜面から供給され岩屑が河流の運搬作用を上回るほど多量であったために生じたと判断することができよう。これをさら裏づけるためには，他の多くの河川について堆積と浸食の歴史を明らかにしなくてはならない。これにいての詳しい議論は別稿にゆずる。本稿では，後期更新世で日本アルプス周辺の河川における堆積の著かった時期に，次の3時期が認められることだけをのべておく。

大町 DPm 層に先立つ時期（年代不明だが，DPm 層の推定年代9万～10万年前からみて，最終間氷期先立つ氷期の可能性がある）　例：松本盆地の梓川上原段丘，乳川第1段丘，烏川第2段丘；伊那谷大泉段丘など。

大山倉吉軽石層より古く大町 EPm 層より新しい時期（ピークは約5万年前～5.5万年前）　例：常願川上段段丘，梓川波田段丘など。

姶良 Tn 火山灰層と同時かやや古い時期（ピークは約2.5万年前～2万年前）　例：常願寺川粟巣野段，松川和田ケ原段丘（松川第Ⅰ段丘），鹿島川大谷原段丘，梓川森口段丘など。

Ⅴ 結　論

1. 大山倉吉軽石層は，4.5～4.7万年前の大山火山の大噴火によって，高空に噴出した軽石が東北東方に飛散し堆積したもので，少なくとも群馬県や新潟県下まで認められる。分布範囲5.5×10^4km^2，体積よそ20km^3 を上回る，日本の広域テフラの一つであり，最終氷期の諸問題の解明に重要な役割りを果し

ている。

2. その同定にあたっては，重鉱物組成，シソ輝石斑晶の晶癖，シソ輝石と角閃石の屈折率は重要な標となる。これらの性質の吟味によって，他のテフラと区別することができる。

3. 大山火山に由来するテフラの類別の結果，従来倉吉軽石層に含められていた2テフラ層を区別することができる。このうち松江軽石層は，大山を中心に東西の地域に広く分布するテフラで，最終間氷期のピーク直後の時代の示標層として，新たに重要な意味をもつことがわかった。

4. 大山倉吉軽石層の噴出時代の推定（4.5万～4.7万年前）は，給源火山から500km 余も隔たった関東北西部において，榛名山噴出の八崎軽石層と赤城山噴出の湯ノ口軽石層との間に同層が検出できたことに基づいている。両軽石層はいずれもすでに放射年代が求められている。

5. 年代決定された大山倉吉軽石層によって，これと重なり合い，かつ従来年代が不明であったテフラ層の年代が推定できる。その例としては，大山火山のテフラのほかに，立山火山，御岳火山，黒姫火山のテフラが挙げられる。

6. 大山倉吉軽石層とその下位にあるテフラ大町 EPm 層を用いて，飛騨山地立山では，それら2軽石層の中間の時代に氷河の著しい前進期があったこと，およびほぼ同時期に日本アルプス周縁の多くの河川は著しい堆積期にあったことが明らかとなった。この氷河前進期と河川の堆積期の年代は，およそ5.0万年前～5.5万年前をピークにすると考えられる。

7. 6でのべたことに関連して，大山倉吉軽石層の噴出した4.7万～4.5万年前という時代はどんな環境の時代であったか。立山における資料からみると，この頃氷河は後退し，河川は堆積をやめて下刻に入ったことが確実である。今後，このテフラの時代の flora や fauna を，陸上と海底で検出同定し，古環境を詳しく復元せねばならない。いまのところ，上記の資料や BLOOM *ct al.* (1974) の海面変化の資料によると，この当時は一つの亜間氷期的な環境であった可能性がある。

謝　辞

この研究をすすめるにあたって，私たちは早津賢二，小林武彦，成瀬敏郎，小畑浩，豊島吉則の各氏および建設省立山砂防工事事務所，同松本砂防工事事務所の諸氏には，資料・試料の提供や現地調査などで多大の便宜を与えられた。ここに記して深く謝意を表わす次第である。

引用文献

赤木三郎(1973)：大山火山の地質．日本自然保護協会調査報告，45，9-32．
新井房夫(1962)：関東盆地北西部地域の第四紀編年．群馬大紀要自然科学編，10，1-79．
新井房夫(1971)：北関東ロームと石器包含層——とくに前期旧石器文化層の諸問題．第四紀研究，10，317-329．
新井房夫(1972)：斜方輝石・角閃石の屈折率によるテフラの同定——テフロクロノロジーの基礎的研究——．第四紀研究，11，254-269．
BLOOM, A. L., W. S. BROECKER, M. A. CHAPPELL, R. K. MATTHEWS and K. J. MESOLELLA, (1974) : Quaternary sea-level fluctuations on a tectonic coast : New Th^{230}/U^{234} dates from the Huon Peninsula, New Guinea. Quat. Res., 4, 185-205.
藤井昭二(1966)：常願寺川流域の段丘について．地質見学案内書「立山火山」，11-15．
深井三郎(1956)：立山連峰における氷食地形．富山大教紀要，5，15p．
深井三郎(1974)：立山付近の氷河地形とその形成期．富山大教紀要，22，119-133．
深井三郎(1975)：北アルプスの氷河地形の形成とその時期．「日本の氷期の諸問題」(式正英編)，1-14．
福岡孝昭・木越邦彦(1971)：火山噴出物のイオニウム年代測定．火山第2集，15，111-119．
橋本誠二・熊野純男(1955)：北部日高山脈の氷食地形．地質雑，61，208-217．
早津賢二・新井房夫(印刷中)：妙高火山群テフラ地域の第四紀テフラ層——示標テフラ層の記載および火山活動との関係——．地質雑．

津賢二・永高　賢・田代達雄(印刷中)：黒姫火山・六月火山礫層 (RG) の ^{14}C 年代とそれに関係
山と2，3の問題．第四紀研究．
野昊郎(1970)：大山火山東麓小鴨川流域の軽石流と火砕流の地形．相模工大紀要，4，29–39.
川一臣・小野有五(1974)：十勝平野の地形発達史．地理評，47，607–632.
　達(1931)：常願寺川扇状地基部の地形発達史．地理評，7，26–34.
西沢智也(1974)：空からの氷河地形調査．地理，19，38–50.
願寺川団体研究グループ(1969)：常願寺川流域の段丘と立山火山の形成時期．自然と社会，35，5–12.
田三郎(1942)：常願寺川の河岸段丘．地理評，18，351–355.
KENNETT, J. P. and P. HUDDLESTUN (1972) : Late Pleistocene paleoclimatology, foraminiferal biostratigraphy and tephrochronology, Western Gulf of Mexico. Quat. Res., 2, 38–69.
KIGOSHI, K. (1967) : Ionium dating by igneous rocks. Science, 156, 932–934.
小疇　尚・杉原重夫・清水文健・宇都宮陽二朗・岩田修二・岡沢修一(1974)：白馬岳の地形学的研究．駿台史学，35，1–86.
KOBAYASHI, K. (1958) : Quaternary glaciation of the Japan Alps. Jour. Fac. Lib. Arts and Sci., Shinshu Univ., 8, 13–67.
KOBAYASHI, K. and H. SHIMIZU (1966) : Significance of the Ikenotaira interstadial indicated by moraines on Mt. Kumazawa of the Kiso Mountain range, central Japan. Jour. Fac. Sci., Shinshu Univ., 1, 97–113.
小林武彦(1975)：大町テフラ層と立山火山構成物との関係(演旨)．日本第四紀学会講演要旨集，4，3.
小林武彦・高木信行・藤井登美夫(1977)：御岳火山新期御岳テフラ層の模式柱状図．軽石学雑誌，4，37–41.
MACHIDA, H. (1976) : Stratigraphy and chronology of late Quaternary maker-tephras in Japan. Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ. 11, 109–132.
町田　洋(1977)：テフロクロノロジー．「日本の第四紀研究」，59–68，373–391.
町田　洋・鈴木正男(1971)：火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年——フィッション・トラック法による試み——．科学，41，263–270.
町田　洋・新井房夫(1976)：広域に分布する火山灰——姶良 Tn 火山灰の発見とその意義——．科学，46，339–347.
町田　洋・新井房夫(1978)：南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ——アカホヤ火山灰．第四紀研究，17，143–163.
三岡栄治(1972)：重鉱物組成からみた中海・宍道湖湖底下の第四紀火山灰．第四紀研究，11，61–70.
松井整司・井上多津男(1971)：三瓶火山の噴出物と層序．地球科学，25，147–163.
MINATO M. und S. HASHIMOTO (1954) : Zur Karbildung im Hidaka-Gebirge, Hokkaido, Japan. Proc. Imp. Acad. 30, 106–108.
三浦　静・藤田節子(1967)：北陸地方における火山灰堆積物(予報)．福井大教紀要，II，17，93–101.
村山正郎・大沢　穠(1961)：5万分の1地質図幅「青谷・倉吉」，同説明書．地質調査所.
中谷　進(1972)：大町テフラ層とテフロクロノロジー．第四紀研究，11，305–317.
小畑　浩(1966)：大山周縁の地形と火山灰．地理評，39，787–801.
小野有五(1975)：氷河地形の同定について．「日本の氷期の諸問題」(式正英編)，15–28.
小野有五・平川一臣(1975)：ヴュルム氷期における日高山脈周辺の地形形成環境．地理評，48，1–26.
太田良平(1962)：5万分の1地質図幅「大山」，同説明書，地質調査所.
PORTER, S. C., M. STUVIER and I. C. YANG (1977) : Chronology of Hawaiian glaciations. Science, 195, 61–63.
Quaternary Research Group of the Kiso Valley and KIGOSHI, K. (1964) : Radiocarbon dates of the Kisogawa volcanic mudflow and its significance on the Würmian chronology of Japan. Chikyu Kagaku, 71, 1–7.
佐治孝弌・田崎和江・赤木三郎・麻田　斉(1975)：大山火山降下堆積物の層序とその特徴．地球科学，29，199–210.
山陰第四紀研究グループ(1969)：山陰海岸地域の第四系．「日本の第四系」，地団研専報，15，354–376.
鈴木正男(1976)：Fission Track 年代測定法の人類遺跡への二・三の応用例．日本第四紀学会講演要

旨集, 5, 24.
豊野層団体研究グループ(1979)：信濃川流域の第四系.「日本の第四系」, 地団研専報, 15, 201–216.
YAMASAKI, M., N. NAKANISHI and K. MIYATA (1966) : History of Tateyama Volcano. Sci. Rep. Kanazawa Univ., 11, 73–92.
YOKOYAMA, T. (1975) : Plio-Pleistocene Kobiwako group on the west coast of Lake Biwa with special reference to correlation to the 200m core sample of Lake Biwa by tephra. *In* Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, 3, ed. S. HORIE, 114–137.

(1979年9月13日受理)

地学雑誌 88, 5 (1979)

る気候変動観

橋 浩 一 郎

on Recent Climatic Variation

Koichiro TAKAHASHI

atic variations are reviewed and following points are
uences on human society and causes of climatic vari-
of climatic variation. (2) Climatic system is com-
natic status determined by delicate balance of these
consumption of fossil fuel brings increase of CO_2 in
itinues, marked change of climate will occur on the

続き,
温, 多
く, 世
紀初め

とは,
ら知ら
数10年
いなか
験した
とを疑

たたび
になっ
インド
このた
から多
きな衝

, 密接
動は,

社会に大きな影響を与える。農業は気象の影響を大きく受けるのでとくに重要であるが, 近年, 世界の大問題になっているエネルギー問題でも, 気象の影響は大きい。気温が低くなると一般に人間のエネルギー消費は増加し, 1°C気温がさがると3%くらい増す。1978年の1月, アメリカの東部では, 月平均気温が平年より10°C 近くもさがり, エネルギー危機が起きた。また, 人間が多量に化石燃料を消費するため, 大気中の二酸化炭素の濃度が増加し, 気候が変わるおそれが生じて来た。

このようなことから, 異常気象と気候変動, それが社会に及ぼす影響が世界的に関心をもたれるようになった。1979年の2月にはこの問題についてスイスのジュネーブで, 世界気象機関によって世界気候会議が開かれた。

異常気象, 気候変動の問題は, これからの重大な研究課題である。気候というものを解明することは意外に難かしい。いろいろな因子が複雑に絡み合うからである。また, 気候変動の振幅を調べてみると, 日日の気象の変動幅からくらべるとずっと小さく, それが社会に及ぼす影響も大したことはないように思える。しかし, 気候変動という

ものは，時間スケールの大きい現象であり，社会への影響は積算効果で意外に大きくなりうる。

たとえば，中央アジアなどにおける文明の盛衰と気候変動との関連については，多くの人により論じられている。これを聞くと，一見大きな気候変動があったような錯覚に落ち入る。しかし，それほど振幅が大きくなくとも起りうるのである。降水量が10%くらい変るだけでも可能である。それは，亜乾燥地帯では降水量と蒸発量がほぼ等しく，長い期間となると，地面が湿って草地となるか，乾いて砂漠になるかは，降水量と蒸発量の差の符号が問題だからである。降水量が蒸発量よりわずかでも多ければ草地になり，反対にわずかでも少なければ長い間にはすべて蒸発してしまい，砂漠となるからである。

気候変動の時間スケール

近年は気候変動に関する研究も非常に多く行われているが，とくにはっきりと認識されるようになったのは，時間スケール，空間スケールの重要性であろう。一口に気候変動といっても，実はいろいろな時間スケールのものがあり，それによって世界各地における現われ方も違ってくれば，また，その起こる原因も違ってくる。また，社会に及ぼす影響も違ってくるのである。したがって，気候変動の問題を議論する場合，時間スケールを指定しないと，水かけ論になるおそれがある。

たとえば，年々の気候を調べてみると，世界全体が一様に平年より高温とか低温ということはない。ある地域が高いと，他の地域では低いというように，幾地域かの高温域と低温域が共存をし，世界全体の平均はほぼ0になる。これに対して，数10年の平均状態でみると，空間スケールがずっと大きく，極に対してほぼ円対称となり，非常に広い範囲で気温の高い地域や低い地域が現われる。そして，一般に高緯度の方が振幅が大きく，また高緯度と低緯度では偏差の符号が反対になる傾向がある。

これは，年々の高温域，低温域は主として極地方と低緯度地方の空気の交換によって生ずるからである。低緯度の高温の気団が北上したところは高温域となり，それを補償するため，高緯度の低温の気団が南下したところでは低温域となり，必ず高温域と，低温域が生ずる。

これに対して，数10年の平均状態となると，事情は少し変ってくる。年々の南北の空気の交換によって高温域と低温域が生ずるが，これは平均的には低緯度から高緯度に熱が流れることである。そこで，長い期間には高緯度が暖まり，低緯度は冷える。交換が弱いところが逆になる。すなわち，数10年の変化では，ほぼ，極を中心として円対称となり，高緯度と低緯度では逆の位相になる傾向になる。

また，気候変動が人間社会，自然界に及ぼす影響も時間スケールによって違う。たとえば，気温の年変化の全振幅は20°C くらいあるが，本州と北海道の年平均気温の差は 5°C 程度である。すなわち，気温の地域差は年変化にくらべはるかに小さいが，本州と北海道の植生は大きく違っている。これは時間スケールが長くなると，積算効果が大きく効いてくるからである。

また，ここで注意すべきことは，現実に見られる年々の気候というものは，いろいろなスケールの気候変動の集合体であることである。年々の気候の値の時系列について，ある長い期間を調和解析を行い，そのスペクトルを調べてみると，個々の場合は複雑であるが，平均的には振動数が大きくなると振幅は小さくなり，一年周期のところでは大きな振幅となる。そして，年平均の値についてのスペクトルでは，一年周期はほぼ消える。また，気候値のように，ある年数の平均値でみると，その年数より短い周期のスペクトルは非常に小さくなり，ずっと長い周期のスペクトルはあまり変化がない。

個々の年の値というものは，これらのいろいろな波の合成されたものであり，気候値では，振動数の大きい部分は消える。したがって，一般に個々の年の変動の方が大きく，気候値の変動の方が小さくなる。そして，異常気象というのは，この見方からすると，年々の値の変動幅であり，もう少し正確にいうと，とくに大きい変動幅のことである。

また，いわゆる気候変動がなく，年々の気候の値が，平均値のまわりに偶然的に現われる場合には，スペクトルのいろいろな振動数に対する振幅

熱を貯える。このため，大気中の熱収支に大きな影響を与える。大気中の熱収支にいろいろな時間スケールの変動があった場合，短周期の変動は海への熱伝導によって平滑化され，振幅が小さくなる。これに対して，長周期の変動ではあまり平滑化されず，振幅は大きい。これは，海上における気温の日変化と年変化の振幅の違いからもわかることである。

この場合の熱収支の機構は複雑であり，正確に見積ることは難かしいが，かりに，海水の中では渦伝導で熱が移動すると仮定し，気温の平均的な変動幅を調べてみると，数年程度までの周期的な変動では振幅は小さく，数10年となると，大きくなることになる。すなわち，短周期が平滑化され，数10年周期が残ることになる。もちろん，熱の移動は簡単ではないので，これからただちに，数10年のサイクルの気候変動の原因が海にあるとはいいきれないが，常識的に考えて，その可能性は大きい。

つぎの原因として火山爆発がある。火山爆発によって吹きあげられた火山灰が，成層圏に拡がると，太陽放射を弱めるので，地面付近の気温はさがるので，気候変動の原因となりうる。これは，古く，HUMPHREYS などにより指摘されたことであり，近年の研究でも，このような現象があることは疑う余地はない，ただ，成層圏の火山灰は次第に落下し，また，降水で洗い落されたりするので，ふつう２～３年でなくなる。したがって，一回の爆発では，短期間の気候の異常を起こしても，長くはつづかず，この点で気候変動の原因とはなりえない。もっとも，地球上の火山活動が長周期変動をすれば，それが気候変動の原因になる可能性はあり，戦後の高温期を，このような面から説明しようという説はある。

つぎに考えられるものに，太陽活動の変動がある。太陽活動が長周期変動をし，太陽からくるエネルギーが変れば，当然気候にも反映するはずである。しかし，太陽エネルギーに関する理論，また，太陽定数の測定結果によると，ほとんど変化はなく，あっても0.3%以下であろうとされている。したがって，この面からは原因とはなりえそうもない。

ただ，太陽面上には黒点があり，黒点数の長年の観測によると，ほぼ11年周期の明瞭な周期的変化があり，また，数10年程度の長周期変化もある。そして，それに応じて，太陽から来る紫外線や微粒子流の強さに大きな変化がある。これは，大気の上層に大きな影響を及ぼし，オーロラなどの出現状況が大きく変ることははっきりしている。また，このような指数によって，気候変動との関連を調べてみると，統計的には有意な相関があり，一般的にいって，黒点数が増加すると，少しおくれて高緯度地方の気温が高くなる傾向がある。エネルギー的にみると，その変動量は小さく，気候変動の原因となるか否かについては疑問視する人も多いが，今後の興味ある一つの研究課題である。

気候のシステム

気候と関連し，近年，認識されて来たことの一つには，気候の敏感性がある。気候の状態というものは，いろいろの因子が複雑に影響をし，微妙なバランスによってきまる。ごく単純に考えるならば，気候というものは，太陽からくる放射と，地表から出る熱線とのバランスでほぼきまる。しかし，それには表面の性質，雲の状況，大気中の水蒸気や二酸化炭素など，いろいろな因子が介在する。また，大気の大循環も関係をし，これは雲や降水の状況に影響をするし，海の状況も影響する。このため，気候の状態というものは，いろいろな因子の複雑なバランスできまるものであり，必ずしも一義的にきまるとはいえない。

たとえば，極地方の氷雪原を考えてみると，これは太陽の光はよく反射するが，熱線に対しては完全黒体に近く，したがってよく熱線を放射する。このため，雪氷原が少しひろがると，実質的に地表に入ってくるエネルギーは減少し，気温はさがることになるので，雪氷原は広がり，その状態を加速する。反対に，雪氷原が減少すれば，地表に入るエネルギーは増すので，融解が加速される。すなわち，気温を不安定化する作用をする。極端な場合として，地球上全体が雪氷原になったとすると，太陽からくるエネルギーはかなりのものが反射され，地表からは熱線が出ていくので，気温は低く，その状態が維持されることになる。このことについては，ソ連の BUDYKO が指摘しており，現在の地球の気候は，一応安定した状態ではあるが，何かの調子で上述のようなことになれば，現在の状態には戻らないことになる。

また，地球上の熱収支には雲の状態が大きく効く，ところが，雲の状態は，凝結核や氷晶核などにも影響する。そして，火山から出る灰や宇宙からくる宇宙塵なども氷晶核となるので，それらの長周期変化が気候に効いてくることも考えられる。

また，大気中の水蒸気は温室作用を示す。したがって，かりに気温が何かの原因で高くなると，海からの蒸発が増し，大気中の水蒸気量は増加し，さらに気温をあげるように働く。すなわち，水蒸気も気候変動を大きくするように働く。

さらに時間スケールを大きくとると，大気中の CO_2 が，生物の活動を通じ，気候を変える可能性がある。CO_2 も温室作用を示し，CO_2 が増すと，大気下層の気温は上昇する。そして，大気中の CO_2 の濃度は，植物の光合化作用による CO_2 の分解の速さと，生物の吸収，死んだあとの腐敗などによる CO_2 の生成とのバランスできまってくる。たとえば植物が増してくると，CO_2 の分解が多くなるので，大気中の CO_2 の濃度は減り，反対に減少してくると，大気中の CO_2 の濃度は増してくる。大気中の CO_2 の収支には，このほか海などの影響も効くので，単純ではないが，地質時代の気候変化を，このような考えで説明しようという試みもあり，その可能性はある。

人間活動の気候変動に及ぼす影響

CO_2 の問題と関連して近年注目されて来ているのは，人間活動の巨大化にともなう，大気中の CO_2 濃度の増加である。大気中の CO_2 の濃度が，数10年前と比較すると15%くらい増加しており，引続き，年0.4%くらいの割合で増加している。このことは，はっきりと観測で確かめられている。これは，人間が多量に化石燃料を消費し，多量の CO_2 を大気中に放出するためと考えられる。事実，化石燃料の消費量から，大気中へ放出する CO_2 の分量を計算してみると，大気中の CO_2 の増加分の倍となり，人間の放出した量の半分が海に溶けこんだり，植物の光合化作用で分

釈されるとすれば充分説明出来る。

そして，大気中の CO_2 の濃度が倍になった時の状態を真鍋淑郎，WEALHERALD が理論的に計算した結果によると，大気下層では2°～3°C ほど気温が上昇し，極地方では10°C も上昇することになる。このようになれば，地球上の気候は大きく変化し，大気の大循環が変って，砂漠の位置が相当に移動する。これは，農業に大きな影響を与える。また，極地方の気温の上昇は，グリーンランドや南極の雪氷が融解することを意味し，海面が上昇をし，低い土地は浸水するであろう。

もちろん，現在では，まだ目立った影響はないが，現在のままで化石燃料の消費の増加がすすめば，21世紀中頃には，この状態に達することになる。これを防ぐには，化石燃料の消費の増加を抑制するほかはなく，これは，将来の世界のエネルギー政策へ重大な影響を与える。そして，これが世界気候会議でも，一つの焦点となったのである。

人間活動の気候への影響は，このほかにもいろいろある。文明の発達は森林の伐採を進行させているが，これは大気中の CO_2 の収支に影響を与え，それによる気候の変化も起こるかもしれない。また，地表を耕やしたり，都市を造ったりすることは，地表の性質を変えることであり，大気の熱収支に大きな影響を与え，それによって気候が変わるかもしれない。現在，世界の砂漠面積が増加しているといわれ，それは人間の地表への干渉のためと考えられている。

む す び

このように，人間活動が巨大になって来た今日，それが世界の気候を変え，それがまた人間に影響を与えるおそれが多分に出て来た。また，世界の気候も一つの転換期にかかって来ているようで，それが人間へ及ぼす影響もきわめて大きいだろう。

気候の問題は，今後の世界の一つの重大な関心事である。このため，世界気象機関を中心として，世界気候計画が立てられ，各国の協力により，1980年から4年間，気候をめぐる研究が予定されており，その成果が注目される。

参 考 文 献

浅井富雄：気候と気候変動，科学，45，25–32，1975.

BOLIN, B.：気候および気候変動のモデル化，科学，45，154–162，1975.

片山　昭：世界気候会議――気候と人類の専門家会議の印象，科学，49，457–460，1979.

LAMB, H. H.: Climate, Past, Present and Future, Vol. 1, 1972, Vol 2, 1977, Methuen.

高橋浩一郎編：気候変動と農業，大明堂，1977.

W. M. O.: Extended summaries of papers presented at the World Climate Conference, 1979.

(1979年7月17日受理)

地学雑誌 88, 5 (1979)

日本の二畳三畳紀コノドントと中古層

小林貞一

Permian-Triassic Conodonts and the Palaeozoic-Mesozoic Group in Japan

Teiichi KOBAYASHI

戦後世界的にそして国内的にも生層位学上の重要な化石として登場して来たものにロコノドントがある。数年前本誌81巻3号1972上で猪郷久義が「新しい示準化石—コノドント」についてと題してその要を得た解説をしている。日本では近々約20年間にシルル紀から三畳紀までの諸系中にコノドントが発見された。そのうちでも生層位学上就中重要なのは，古生層とされていたところから三畳紀のコノドントが，続々として出て来たことである。夫故古生層のうちの少なからぬ部分が中古層であることが実証され，それは地質構造に新解釈を与え，また日本地史に再考を促した。

本年4月に「日本の二畳系ならびに三畳系におけるコノドントとナマコの骨片による3生層序」と題して鹿沼茂三郎教授退官記念論文集が出版された。本書には同教授の肖像に次いで稲森潤の序文・同教授の略歴・総目録があり，10論文を収め参考文献に終っている。総頁は178であるが，そのうちに多数の図表があり，若干は折込みになっている。最後の折込み図には日本における5紀のコノドント産出地点126が示されている。

第1論文は二畳紀の，第2論文は三畳紀のコノドントの生層位学で，夫々を猪郷久治と小池敏夫が執筆している。両論文にはその紀のコノドントの研究史・外国の生層位学・国内の産地の層序乃至地質構造，そして日本に於けるコノドント帯・二・三畳系の境界等について述べられている。コノドントの研究は躍進しつつあるので，本著は現在の知識を得るのに便である。

第3～9論文には関東山地の南部と北部，美濃帯東部・宇和島地方の田穂石灰岩・臼杵地方の上村石灰岩・佐川盆地及び西臼杵の三宝山帯等のコノドントによる層序乃至地質構造について10名が単著或は共著として執筆している。最後の一篇は金杉洋美の日本産ナマコの骨片の研究結果で，日本の11地方からシルルー三畳紀までの各紀のものが発見され，種名未定のものを加えると総数25種を越えているが，現在9属12種が識別されている。これは新分野の開拓として貴重である。

日本二畳系としては，Akasakan-lower Kuman の不明瞭な部分を除いて，5帯が識別されている。日本三畳系では Smithian 以上 Norian までに14帯が識別されているが，Skytian 最下部を欠除している。世界的に見ても *Otoceras* 帯にはコノドントの種数が少く，しかも二畳紀後期から存続したものばかりである。二畳・三畳両紀の境界で消滅，あるいは出現する3種属は未だ発見されていないのである。

因みにこの境界問題については内外の学者が検討中であるが，中沢圭二は Permian-Triassic Boundary Problems，日本自然科学集報，3巻，昭和53年に氏らの国際的協力に依ってインド・パキスタン・イラン・日本等で得た最近の成果を摘記し，二畳系の対比表を添え，境界問題に就いて所見を述べている。すなわち，パキスタンやカシミールで三畳系最下部から見出された二畳紀腕足貝や二枚貝は生き残りではなく，二次堆積物として混在しているのである。テチス地区では殆んどで両者の境は平行状不整合である。日本やマライシアでは二畳紀化石群がその末期に向って，悪

ない自然環境に向って行ったことを示唆して
と言う。
みれば原田豊吉（1890）が関東山地北部の古
に因んで秩父系を建てた時，その下階に小藤
荷鉢階を置き，上階には紡錘虫石灰岩や，海
・サンゴ石灰岩を含んでいた。
濃・飛騨では上部の石灰岩に *Schwagerina*
Fusulina がある(p. 59-60)。そして，北上で
の発見した米谷その他の二畳紀化石・下野国
の *Bellerophon* 等をそのフォーナとして挙
いる。これらの化石の時代は二畳・石炭紀と
いる。しかし明治27・28年(1894～95)の赤穂・
両図幅では巨智部忠承は，中古層を設けた。
の所謂舞鶴帯の二畳・三畳紀層の少なからぬ
がこれに属している。
国では鈴木達夫（1931）が三宝山層群を提唱
その後私（1941）は関東山地北部の上吉田層
畳紀まで延びるものかと述べた。そして一部
畳紀層を含めた中古層を先秩吉層群として一
て造構史を論じたこともあった(1948)。上吉
に限らず関東山地には広く三畳紀コノドント

が分布している。西南日本の三宝山帯も同様である。最近の百万分一日本地質総図（1978）では二畳紀中生代前期の三宝山・岩泉両層群や二畳紀一中生代中期の日高層群のみならず，二畳紀層としたものにも三畳紀コノドント産出層を含むと附言している。これらは皆中古層である。武甲山のラディノカーニック二枚貝は上部秩父系が秩父中古層群であることを一層確実にした。

Geology and Mineral Resources of Japan, vol. one, p. 156には "there is no case where the Lower Triassic rests unconformably on the rocks older than the Upper Permian." と結論している。換言すれば二畳三畳両紀の推移期には造山運動は認められないのである。そしてそれはまたテチス地区全般に於いても同断であると中沢は言っている。鶏足山地と美濃山地犬山のジュラ紀菊石は中古層がジュラ紀後期まで延び得ることを示唆している。しかしこの問題はジュラ紀にはコノドントは既に亡びているので，放散虫・ナマコの骨針その他の化石で更に追究す可き日本生層位学上の将来の課題である。

追記　神戸信和(1963)は宮崎県高千穂およびその延長上の二畳・三畳両系の層序とスキティック化石を記載し，広く国内の両系境界に就いて述べ，西南日本外帯では両系は整合，北上山地南部と西日本内帯では非整合乃至平行状不整合で両系の堆積期には造陸運動以上のはげしい地殻運動は認められないと結論し，上部三畳系堆積前の造山運動を強調した。(Geological Survey of Japan Report No. 198, 66+2 pp. 19 pls.)

最近，武蔵野実・石賀裕明・岡嶋真理子は舞鶴帯東南縁の近くで上部三畳系が下部二畳系を著しい不整合関係で被うているという。（地質学雑誌 85巻 8号 543-545頁，1979)。然りとすればこの不整合は舞鶴帯内の御祓山層の基底や舞鶴帯北西側の志高層基底の不整合と共に秋吉造山運動の産物と考えられる。

明治前日本地学文献集

日本地学史資料調査委員会

Bibliography of Japanese Earth Sciences before 1868

Committee of History of Japanese Earth Science
Tokyo Geographical Society

はしがき

この文献集は，明治前の日本の地学に関する和漢文の文献を収録し，これを年代順に整理したものである。前半はとくに本草書が多いが，これは古くから鉱物・岩石が石薬の材料として利用されていたためである。明治前にはまだ学問的体系がととのっていないので，随筆・地誌・紀行文・事典の類・日記体のものでも，広い意味の地学に関係するものはつとめてとりあげている。

文献の記載要領は，本委員会編「日本地学史文献集」(地学雑誌，Vol. 85，No. 6，1976) に準拠しているが，利用の便のために，西暦年の後に元号年を付した。したがって，文献の稿了年よりも刊行年を重視し，手記・手稿本や刊行年の不明なものは執筆年を示した。一般に古記録には執筆年が不明なものが多い。これらについては大凡の年号 (例えば～年間) を示して本文に入れた。

本稿は故後閑文之助氏 (元本委員会委員) の本草書を中心とした文献リストをもとに，これを整理し，他分野のものを含めて補備したものである。「日本地学欧文文献集」(地学雑誌，Vol. 87，No. 5, 1978) の姉妹編として利用していただければ幸いである。

1979年7月

東京地学協会日本地学史資料調査委員会

712	(和銅 5)	太安萬侶撰：古事記．3巻．
710年代	(養老年間)	播磨風土記．
720	(養老 4)	舎人親王撰：日本紀．30巻．
720頃	(養老年間)	常陸風土記．
733	(天平 5)	出雲風土記．
730年代	(天平年間)	豊後風土記．
730年代	(天平年間)	肥前風土記．
782- 805	(延暦年間)	和気広世：薬経太素．2巻．
797	(延暦 16)	菅野眞道ら：続日本紀．40巻．
807	(大同 2)	斎部広成：古語拾遺．1巻．
808	(大同 3)	安倍眞直・出雲広貞ら：大同類聚方．100巻．
831	(天長 8)	滋野貞主：秘府略．1000巻．
859- 876	(貞観年間)	菅原岑嗣：金蘭方．50巻．
892	(寛平 4)	藤原佐世：日本国見在書目録．
918	(延喜 18)	深根輔仁：本草和名．18巻．

	(延喜 18)	深根
	(延喜 18)	深根
·930	(延喜・延長年間)	大江
	(延長 5)	藤原
頁	(承平 元)	源順
	(永観 2)	丹波
	(平治 元)	藤原
	(弘安 7)	惟宗
	(嘉元 元)	梶原
	(正和 4)	梶原
F代	(正平年間)	有林
	(永禄 5)	曲直
	(永禄 9)	曲直
	(天正 10)	曲直
	(慶長 元)	如庵
	(慶長 13)	曲直
	(慶長 17)	林道
	(元和 元)	林道
	(元和 2)	閑吉
	(元和 3)	那波
	(元和 9)	吉田
	(元和 9)	曲直
	(寛永 4)	吉田
	(寛永 8)	林道
	(寛永 8)	深田
	(寛永 13)	戸部
	(寛永 18)	吉田
	(慶安 3)	向井
	(万治 元)	就安
	(万治 2)	野村
	(万治 3)	戸部
	(寛文 4)	薬屋
	(寛文 5)	山鹿
	(寛文 6)	中村
	(寛文 6)	林道
	(寛文 7)	小林
	(寛文 9)	西吉
	(寛文 9)	林下
	(寛文 11)	向井
	(寛文 11)	名古
	(寛文 12)	貝原

西蔵書目録」ともいう。正確な著

1678	(延　宝　6)	丹波頼理：本草薬名備考.
1680	(延　宝　8)	貝原篤信：本草綱目目録和名.
1681	(天　和　元)	遠藤元理：本草辨疑. 5巻.
1683	(天　和　3)	高田玄柳：湯液片玉本草. 1冊.
1684	(貞　享　元)	黒川道祐：雍州府志. 10巻.
1685	(貞　享　2)	下津元知：図解本草. 10巻.
1687	(貞　享　4)	林菴：薬種目録. 1冊.
1688	(元　禄　元)	吉文字屋浄貞：五百介図. 1冊.
1689	(元　禄　2)	南部里庵：訂正本草綱目.
1689	(元　禄　2)	井口常範：天文図解. 5冊.
1689	(元　禄　2)	大江頤軒：本草和解.
1690	(元　禄　3)	寺田豊章：生野銀山旧記.
1691	(元　禄　4)	黒沢元重：鉱山至宝要録. 2巻.
1692	(元　禄　5)	稲生宜義：物産目録. 1巻.
1692	(元　禄　5)	稲生宜義：炮炙全書. 4巻.
1692	(元　禄　5)	貝原篤信：和漢名数. 2巻.
1693	(元　禄　6)	貝原篤信：筑前名寄. 2冊.
1694	(元　禄　7)	新井君美：詩経名物図.
1694	(元　禄　7)	(加賀・能登・越中) 三州郷村産物帳. 1冊.
1695	(元　禄　8)	中村惕斎：増補頭書訓蒙図彙. 20巻.
1695	(元　禄　8)	貝原篤信：和漢名数. 続3巻.
1695	(元　禄　8)	西川如見：華夷通商考. 2巻.
1697	(元　禄　10)	宮崎安貞：農業全書. 10巻. 付録1巻.
1697	(元　禄　10)	西村喜兵衛板：本草摘要. 1巻.
1698	(元　禄　11)	貝原篤信：花譜. 3巻.
1698	(元　禄　11)	岡本為竹：広益本草大成. 23巻.
1698	(元　禄　11)	安井春海：天文瓊統. 8巻.
1699	(元　禄　12)	岡本篤竹：六十味薬性記辨解. 3巻.
1699	(元　禄　12)	陶山庄右衛門：津島紀略.
1699	(元　禄　12)	安井春海：天文成象図.
1700	(元　禄　13)	貝原篤信：日本釈名. 3巻.
1700	(元　禄　13)	西川如見：日本水土考.
1701	(元　禄　14)	貝原篤信：筑前続風土記. 30巻.
1702	(元　禄　15)	稲宜義：新増炮炙全書. 4巻.
1708	(宝　永　5)	石川流宜：万国総界図.
1708	(宝　永　5)	西川如見：増補華夷通商考. 5巻.
1709	(宝　永　6)	貝原篤信：大和本草. 16巻.
1709	(宝　永　6)	稲　宜義：詩経小識. 8巻.
1711	(正　徳　元)	貝原篤信：有馬山温泉記. 1冊.
1712	(正　徳　2)	大江頤軒：本草和解. 7巻.
1712	(正　徳　2)	西川如見：天文義論.
1712	(正　徳　2)	石川流宜：大日本国大絵図.

	(正	徳	3)	新井
	(正	徳	3)	寺島
	(正	徳	3)	貝原
	(正	徳	3)	貝原
	(正	徳	4)	稲宣
	(正	徳	4)	貝原
	(正	徳	5)	新井
	(正	徳	5)	稲生
	(正	徳	5)	貝原
	(享	保	元)	松岡
	(享	保	2)	佐久
	(享	保	3)	貝原
	(享	保	4)	神田
	(享	保	4)	竹田
	(享	保	5)	新井
	(享	保	5)	原田
	(享	保	5)	西川
	(享	保	5)	栗田
	(享	保	6)	貝原
	(享	保	6)	貝原
	(享	保	7)	萬屋
	(享	保	9)	佐藤
	(享	保	9)	阿部
1778	(享	保	10)	伊藤
	(享	保	10)	秋田
	(享	保	11)	松岡
	(享	保	12)	細井
	(享	保	12)	河原
	(享	保	13)	松宮
	(享	保	14)	藤井
	(享	保	14)	神田
	(享	保	14)	林良
	(享	保	15)	神田
	(享	保	15)	灌園
	(享	保	15)	西川
	(享	保	16)	江村
	(享	保	16)	香川
	(享	保	17)	細井
	(享	保	18)	村井
	(享	保	19)	島田
	(享	保	20)	南部
	(享	保	20)	高島

1736	(元　文　元)	岩永玄浩：名物訳録. 4巻.
1736	(元　文　元)	松永良弼：天経或問発揮.
1736	(元　文　元)	水戸藩：御領内産物留. 1冊.
1736	(元　文　元)	岡山藩：備前国備中国之内領内産物帳.
1736	(元　文　元)	杉若文左衛門・内山覚順：越中産物記. 1冊.
1736	(元　文　元)	伊豆国産物帳. 1冊.
1736	(元　文　元)	伊勢国藤堂和泉守領産物之内絵図帳.
1736	(元　文　元)	岡村多仲編：美作国津山領産物絵図帳. 2冊.
1737	(元　文　2)	服部範忠：本草和談. 45巻.
1737	(元　文　2)	寺田与右衛門：扶桑雷除考. 1冊.
1737	(元　文　2)	伊賀国産物図. 1冊.
1737	(元　文　2)	佐渡物産簿. 1冊.
1737	(元　文　2)	陸奥会津領産物絵形帳. 3冊.
1737	(元　文　2)	高畠金左衛門・行山伝左衛門：加賀国産物志. 1冊.
1737	(元　文　2)	勢州三領産物之内御尋之品々絵図併註書.
1737	(元　文　2)	川合亀右衛門編：紀州産物形帳. 3冊.
1737	(元　文　2)	島田智庵：防長産物名寄. 2巻.
1737	(元　文　2)	竹内衛士編：陸奥国津軽領産物絵図帳. 1冊.
1737	(元　文　2)	池田三太夫編：陸奥国中村領産物絵図帳. 3冊.
1737	(元　文　2)	奥州二本松領産物帳之内図絵註書.
1737	(元　文　2)	北島見信：紅毛天地二図贅説. 3冊.
1738	(元　文　3)	丹羽正伯：増修庶物類纂. 1054巻.
1738	(元　文　3)	神田玄泉：本草或問. 2巻.
1738	(元　文　3)	戸田旭山：非薬選. 3巻.
1738	(元　文　3)	香川修徳：一本堂薬選続篇. 1巻.
1738	(元　文　3)	隠岐国産物絵図.
1738	(元　文　3)	萩藩：先大津産物名寄帳. 1冊.
1739	(元　文　4)	岩田信安：介譜.
1739	(元　文　4)	中根元圭：天文図解発揮. 3冊.
1739	(元　文　4)	萩藩：船木産物名寄帳.
1739	(元　文　4)	萩藩：浜崎産物名寄帳.
1740	(元　文　5)	植村政勝：諸州採薬記. 9巻.
1740	(元　文　5)	分部惟信：物影本草. 8巻.
1741	(寛　保　元)	野呂元丈：阿蘭陀禽獣虫魚図譜和解.
1742	(寛　保　2)	野呂元丈：阿蘭陀本草和解（1754年まで12冊）.
1743	(寛　保　3)	菊岡沾涼：諸国里人談. 5巻.
1744	(延　享　元)	西村直方：本草啓牖. 4巻.
1747	(延　享　4)	小沢植右衛門：町見秘書.
1749	(寛　延　2)	佐州産物誌.
1749	(寛　延　2)	丹羽正伯：佐渡採薬記.
1750	(寛　延　3)	佐渡風土記.
1750	(寛　延　3)	入江脩敬：天経或問註解.

暦　元)　大枝流芳：貝尽浦之錦．3巻．
暦　2)　後藤光生：本草綱目補物品目録．2巻．
暦　3)　日向元秀：本草綱目校異．20巻．
暦　4)　平瀬徹斎撰・長谷川光信画：日本山海名物図会．5巻．
暦　4)　村井昌弘：量地指南．後編．5冊．
暦　4)　大口美明：薬品辨惑．2巻．
暦　5)　石川爲章：本草会詮．
暦　6)　田村元雄：醴泉祥瑞記．2巻．
暦　6)　丸山元純：越後名寄．31巻．
暦　7)　三浦晋：元炁論．
暦　7)　松平秀雲：木曾志略．3巻．
暦　8)　松岡玄達：怡顔斎介品．2巻．
暦　9)　直海元周：広大和本草．10巻．別録2冊．
暦　9)　松岡玄達：用薬須知．後編．4巻．
暦　9)　眞壁用秀：地理細論集．
暦　10)　戸田斎：旭山先生文会録．1巻．
暦　10)　源通魏：龍骨辨．1冊．
暦　11)　豊田養慶：緒鞭餘録．1巻．
暦　11)　源昌樹：駁龍骨辨．
暦　11)　戸田斎：浪華物産会目録．1冊．
暦　12)　平賀源内：紀州産物志．1編．
暦　12)　上月信勝：物産録．1冊．
暦　13)　青木昆陽：昆陽漫録．6巻．
暦　13)　平賀源内：物類品隲．6巻．
和　元)　平賀源内：火浣布説．
和　元)　吉益東洞：類聚方．
和　2)　津田田綱：石城志．
和　2)　平賀源内：火浣布略説．1冊．
和　2)　島田充房・小野蘭山：花彙．8巻．
和　2)　後藤梨春：紅毛談．2巻．
和　3)　青木文蔵：続昆陽漫録．1巻．
和　3)　度會常民：本草品彙．11巻．
和　4)　後藤梨春：震雷記．1冊．
和　4)　学之泰人：薬性辨．3冊．
和　5)　青木文蔵：続昆陽漫録補．1巻．
和　6)　田村元雄：中山伝信録物産考．3巻．
和　6)　趙陶斎：蒹葭堂記．
和　7)　田村元雄：琉球産物志．15巻．付録3巻．
和　8)　吉益東洞：薬徴．3巻．
和　8)　平賀源内：陶器工夫書．
永　元)　本木良永：和蘭地球図説．3巻．
永　元)　勝長順：医梯本草経．2巻．

1772	(安　永　元)	林　貞亮：本草辨明．1巻．
1773	(安　永　2)	木内石亭：雲根志．前編．5巻．
1773	(安　永　2)	本木良永：平天儀用法．2巻．
1773	(安　永　2)	谷川士清：臼石考．
1773	(安　永　2)	谷川士清：石剣頭考．
1774	(安　永　3)	本木良永：天地二球用法．4巻．
1774	(安　永　3)	谷川士清：勾玉考．
1775	(安　永　4)	木村孔恭：貝よせの記．1冊．
1776	(安　永　5)	松平君山：本草正譌．12巻．
1776	(安　永　5)	松岡玄達：用薬須知．続編．3巻．
1776	(安　永　5)	普寂：天文辨惑．
1778	(安　永　7)	加地井高茂：薬品手引草．2巻．
1778	(安　永　7)	松岡典：千金方薬註．4巻．
1778	(安　永　7)	三浦梅園：帰山録．
1778	(安　永　7)	長久保赤水：大日本輿地路程全図．
1779	(安　永　8)	木内石亭：雲根志．続編．4巻．
1779	(安　永　8)	戸田祐之：庶物類纂図翼．28巻．
1780	(安　永　9)	木村蒹葭堂：増補片玉本草．2巻．
1781	(天　明　元)	松前広長：松前志．
1781	(天　明　元)	三浦梅園：梅園拾葉．3冊．
1782	(天　明　2)	平高潔：倭薬考．1冊．
1782	(天　明　2)	長久保赤水：地球萬国山海輿地図．
1782	(天　明　2)	石野平蔵：佐渡事略．
1783	(天　明　3)	木内石亭：曲玉問答．
1783	(天　明　3)	工藤平助：赤蝦夷風説考．
1783	(天　明　3)	足立雅之進：測地図解．
1783	(天　明　3)	小野蘭山：大和本草会識．
1784	(天　明　4)	下原重仲：鉄山必要記事．8巻．
1785	(天　明　5)	赤穂満矩：鉱山聞書．
1786	(天　明　6)	林子平：三国通覧図説．1冊．
1786	(天　明　6)	桂川甫周：新製地球万国図説．
1786	(天　明　6)	山口高品ら：蝦夷拾遺．
1787	(天　明　7)	森島中良：紅毛雑話．5巻．
1788	(天　明　8)	木内石亭：百石図巻．
1788	(天　明　8)	大槻磐水：蘭説辨惑．2巻．
1788	(天　明　8)	最上徳内：赤蝦夷風説考．
1788	(天　明　8)	古川古松軒*：東遊雑記．12巻．
1789	(寛　政　元)	朽木昌綱：泰西輿地図説．
1789	(寛　政　元)	中村惕斎：頭書訓蒙図彙大成(増補版)．27巻．
1789	(寛　政　元)	本木良永：万国地図書和解．

* 古川古松軒は別に「西遊雑記」も著わしている。当時は紀行文が多く，菅江真澄 (1754-1829) の遊覧記などはその代表的なものである。

(寛　政　元)　藤貞幹
(寛　政　元)　本多利
(寛　政　2)　最上徳
(寛　政　2)　山路徳
(寛　政　3)　源九龍
(寛　政　3)　桂川甫
(寛　政　3)　東柱武
(寛　政　3)　高井蘭
(寛　政　3)　秋山章
(寛　政　4)　勝成祐
(寛　政　4)　木内石
(寛　政　4)　木内石
(寛　政　4)　大槻玄
(寛　政　4)　司馬江
(寛　政　5)　本木良
(寛　政　5)　司馬江
(寛　政　5)　桂川国
(寛　政　5)　田村西
(寛　政　5)　医学館
(寛　政　5)　田村三
(寛　政　6)　司馬江
(寛　政　6)　木内石
(寛　政　6)　木内石
(寛　政　6)　木内石
(寛　政　6)　原雙桂
(寛　政　6)　桂川国
(寛　政　6)　佐藤成
(寛　政　7)　佐藤成
(寛　政　7)　橘南谿
(寛　政　7)　藤貞幹
(寛　政　8)　多紀元
(寛　政　8)　橘本宗
(寛　政　8)　木内石
(寛　政　8)　小原桃
(寛　政　8)　司馬江
(寛　政　9)　松平定
(寛　政　9)　佐藤成
(寛　政　9)　曾槃：
(寛　政　9)　曾槃：
(寛　政　9)　秋里籬
(寛　政　10)　村上穂
(寛　政　10)　間重富

1798	(寛政10)	秋里籬島：摂津名所図會.
1798	(寛政10)	志筑忠雄：暦象新書. 上編.
1798	(寛政10)	曾槃：本草綱目纂疏. 12巻.
1798	(寛政10)	里見藤左衛門：封内土産考（伊達藩）. 1巻.
1798	(寛政10)	本多利秋：西域物語. 3冊.
1799	(寛政11)	渋江長伯：東遊紀勝. 13巻.
1799	(寛政11)	木村孔恭撰・蔀関月画：日本山海名産図会. 5巻.
1799	(寛政11)	谷元旦：東蝦夷物産志. 1巻.
1800	(寛政12)	本多利秋：蝦夷道知辺. 1冊.
1800	(寛政12)	志筑忠雄：暦象新書. 中編.
1800	(寛政12)	秋山福南：増訂豆州志稿. 13巻.
1800	(寛政12)	最上徳内：蝦夷草紙. 後編.
1801	(享和元)	小野蘭山：常野採薬記. 1巻.
1801	(享和元)	小野蘭山：甲駿豆相採薬記. 1巻.
1801	(享和元)	増田綱撰・丹波元国画：鼓銅図録. 1冊.
1801	(享和元)	木内石亭：雲根志. 三編. 5巻.
1802	(享和2)	廣瀬信：図解蘭説三才窺管. 3冊.
1802	(享和2)	山村才助撰：増訳采覧異言. 13巻.
1802	(享和2)	小野蘭山：紀州採薬記.
1802	(享和2)	田村三省：会津石譜. 2巻.
1802	(享和2)	木村巽斎：蒹葭堂雑録.
1802	(享和2)	志筑忠雄：暦象新書. 下編.
1803-1804	(享和3—文化元)	小野蘭山：本草綱目啓蒙. 48巻.
1804	(文化元)	曾占春：成形図説. 30巻.
1804	(文化元)	岩崎灌園：貝石画譜. 1巻.
1804	(文化元)	小野蘭山：駿州勢州志州採薬記. 1巻.
1804	(文化元)	近藤守重：辺要分界図考. 8巻.
1804	(文化元)	橋本曇斎：三法方典本草部.
1804-1817	(文化年間)	小泉斐：檀林斎石譜.
1805	(文化2)	水谷豊文：勢江採薬記. 1冊.
1805	(文化2)	小野蘭山：上州妙義山武州三峯山採薬記. 1冊.
1805-1849	(文化2—嘉永2)	山本亡羊：格致類編. 127巻.
1805	(文化2)	秋里籬島：木曽路名所図會.
1806	(文化3)	山村才助訳：魯西亜国誌. 8巻.
1806	(文化3)	大槻玄沢・志村篤次：環海異聞. 16冊.
1806	(文化3)	井上秀栄：越後巡見記.
1806	(文化3)	曾槃：海内方物紀略. 1巻.
1807	(文化4)	山澄延年：校訂薬名備考和訓鈔. 7巻.
1808	(文化5)	小野蘭山：百品考.
1808	(文化5)	蘭山先生十品考.
1808	(文化5)	司馬江漢：刻白爾天文図解.
1808	(文化5)	司馬江漢：地転儀略図解.

(文　化　5)　堀田政敦：蝦夷紀行．2冊．
(文　化　6)　高橋作左衛門：北夷考証．
(文　化　6)　小野識孝：本草啓蒙名疏．7巻．
(文　化　6)　水谷豊文：物品識名．2冊．
(文　化　6)　水谷豊文：濃州採薬記．1冊．
(文　化　6)　高橋景保：新鐫総界全図並日本辺界
(文　化　6)　間宮倫宗：東韃紀行．3巻．
(文　化　6)　高井蘭山：須弥山図解．
(文　化　7)　柴田洞元：日用薬品考．1巻．
(文　化　7)　間宮倫宗：北蝦夷図説．4巻．
(文　化　7)　司馬江漢：独笑妄言．
(文　化　7)　杉山寿山：砿山年記録．4巻．
(文　化　7)　高宮士彪：北遊雑記．1冊．
(文　化　7)　水谷豊文：木曾採薬記．
(文　化　7)　近藤守重：金銀図録．7巻．
(文　化　8)　小原蘭峡：紀伊続風土記．
(文　化　8)　水谷豊文：南紀採薬記．1冊．
(文　化　8)　小原春造：逍遙漫録．1冊．
(文　化　8)　小原春造：龍骨一家言．1巻．
(文　化　8)　小山内清隆：陸奥石品考．
(文　化　8)　小原良直：南紀土産考．
(文　化　8)　司馬江漢：春波楼筆記．
(文　化　8)　阿部誠之：校正振矩術．1巻．
(文　化　9)　市岡智寛：介品明鑑．2冊．
(文　化　10)　大原東野：五畿内産物図會．
(文　化　11)　小原良貴：熊野採薬記．1冊．
(文　化　11)　尾形愼：地面経緯表．2冊．
(文　化　11)　内藤清右衛門：甲斐国志．
(文　化　12)　鎌田柳泓：理学秘訣．1冊．
(文　化　12)　司馬江漢：江漢西遊日記．6巻．
(文　化　13)　司馬江漢：天地理譚．2冊．
(文　化　13)　大賀吉茄：石見国銀山旧記．
(文　化　14)　大槻玄沢：蘭畹摘芳．初編．3巻
(文　政　元)　田村西湖：豆州諸島産物図説．7
(文　政　元)　小野高潔：本草倭名釈義．5巻．
(文　政　元)　近藤守重：続蝦夷草紙．
(文　政　2)　木内成章：本草綱目紀聞．
(文　政　2)　井上収：北遊録．1冊．
(文　政　2)　宇田川榛斎訳：和蘭薬経．
(文　政　3)　山片蟠桃：夢の代．
(文　政　4)　伊能忠敬：大日本沿海輿地全図．
(文　政　5)　釈円通：実験須弥界説．3冊．

1822	(文	政	5)	市岡嶢智：本草図彙. 8巻.
1822	(文	政	5)	畔田伴存：白山草木志. 2巻.
1822	(文	政	5)	宇田川榕庵訳：菩多尼訶経. 1冊.
1822	(文	政	5)	黒田玄鶴：石綿論.
1822	(文	政	5)	吉雄俊蔵：西説観象経.
1822	(文	政	5)	藤林泰助訳：和蘭薬性辨.
1822-1823	(文政5—文政6)			宇田川玄眞訳：遠西医方名物考. 45巻.
1823	(文	政	6)	青地林宗訳：依白乙薬性論.
1823	(文	政	6)	吉雄俊蔵：理学入式遠西観象図説. 3巻. 付地動或問.
1824	(文	政	7)	岩崎常正：武江産物志. 1巻.
1824	(文	政	7)	高橋景保：地勢提要.
1824	(文	政	7)	渡辺啓次郎：量地伝習録. 2冊.
1825	(文	政	8)	水谷豊文：物品識名拾遺. 2巻.
1825	(文	政	8)	昌平黌地誌取調所：新編武蔵風土記. 265巻.
1825-	(文政8—		)	馬場佐十郎・大槻玄沢ら：厚生新編. 70冊.
1826	(文	政	9)	青地林宗訳：輿地誌略. 6巻.
1826	(文	政	9)	片山松斎：北窓雑話. 2巻.
1827	(文	政	10)	石井光致：磁石論. 1冊.
1827	(文	政	10)	藤原相栄：地転窮理論. 2冊.
1827	(文	政	10)	狩谷棭斎：箋註倭名類聚抄.
1827	(文	政	10)	佐藤信淵：山相秘録. 2巻.
1827	(文	政	10)	佐藤信淵：経済要録. 15巻.
1827	(文	政	10)	片山松斎：地転窮理論. 2冊.
1827	(文	政	10)	青地林宗：気海観瀾. 1巻.
1828	(文	政	11)	頓井柮：薬徴続編. 2巻. 付録1巻.
1828	(文	政	11)	宇田川榛斎訳：新訂増補和蘭薬鏡. 18巻.
1828	(文	政	11)	岩崎常正：本草図譜*1. 96巻.
1829	(文	政	12)	曾槃：本草彙考. 2冊.
1829	(文	政	12)	伊藤舜民：泰西本草名疏. 2巻. 付録2巻.
1829	(文	政	12)	昌平黌地誌取調所：新編府内風土記.
1829	(文	政	12)	坪井信道訳：製煉発蒙. 2巻.
1830	(天	保	元)	佐藤中陵：山海庶品. 100巻.
1830	(天	保	元)	小嶋濤山：地震考.
1830	(天	保	元)	薬科玄隆：本草彙考. 23巻.
1831	(天	保	2)	三浦季行：名物摭古小識. 6巻.
1831	(天	保	2)	安田尚義：増訂日本輿地全図.
1832	(天	保	3)	安田雷州：地球度割図解. 1冊.
1832	(天	保	3)	畔田伴存：本草正譌. 3冊.
1832	(天	保	3)	瀬沢馬琴他：耽奇漫録. 5巻.
1832	(天	保	3)	尾州薬品會*2 目録. 1冊.

*1 刊行は1830-1842

*2 伊藤圭介らが名古屋修養堂で開く。

	(天　保　4)	福井春水：
	(天　保　4)	土井利位：
	(天　保　4)	藤堂高猷：
	(天　保　4)	薬品會[*1] 目
350	(天保4—嘉永3)	小原蘭峡：
	(天　保　5)	宇田川榕庵
	(天　保　5)	井出道貞：
	(天　保　6)	高野長英：
	(天　保　6)	乙未本草會
	(天　保　7)	鈴木牧之：
	(天　保　7)	帆足萬里：
	(天　保　7)	武蔵石寿：
	(天　保　7)	中山信名：
	(天　保　7)	小関三英訳
	(天　保　7)	鶴峯戊申：
	(天　保　7)	奥村増貤：
	(天　保　8)	狩谷棭斎：
	(天　保　8)	呉　継志：
339	(天保8—天保10)	宇田川榕庵
	(天　保　9)	山本世孺：
	(天　保　10)	小原良直：
	(天　保　10)	岡村尚謙：
	(天　保　10)	秋田十七郎
	(天　保　10)	山崎美成：
	(天　保　11)	加来睦之：
	(天　保　11)	土井利位：
	(天　保　11)	小山内清隆
	(天　保　12)	若山江戸御
	(天　保　12)	昌平黌地誌
	(天　保　13)	鈴木牧之：
	(天　保　13)	岩崎灌園：
	(天　保　13)	大蔵永常：
	(天　保　13)	佐藤信淵：
	(天　保　13)	東条信耕：
	(天　保　13)	内藤尚賢：
	(天　保　14)	畔田翠山：
	(弘　化　元)	箕作省吾：
	(弘　化　元)	梯南洋：重
	(弘　化　元)	武蔵石寿[*3]

丹洲らが東都医学館で開く。
圭介らが名古屋一行院で開く。
には他に「介殻奇品撰」という著書

1844	(弘化元)	大蔵永常：広益国産考. 6巻.
1845	(弘化2)	箕作省吾：坤輿図識. 3冊.
1845	(弘化2)	田島良：地動略説.
1846	(弘化3)	畔田伴存：三千介図. 5巻.
1846	(弘化3)	箕作省吾：坤輿図識補. 4冊.
1846	(弘化3)	円通：実験須密界説. 3冊.
1846	(弘化3)	藤岡雄市：渾発量地速成. 2冊.
1847	(弘化4)	井口栄進：重訂本草綱目啓蒙. 48巻.
1847	(弘化4)	山本世孺：百品考. 2編. 2巻.
1847	(弘化4)	畔田伴存：和州吉野群山記. 8巻.
1848	(嘉永元)	前田利保：本草通串. 94巻.
1848	(嘉永元)	山村昌水：西洋雑記. 4冊.
1848	(嘉永元)	畔田伴存：熊野物産初志. 5巻.
1848	(嘉永元)	佐久間象山：踏野日記.
1849	(嘉永2)	畔田伴存：写眞介録. 10巻.
1850	(嘉永3)	手塚謙蔵：西洋鉄熕鋳造篇.
1850	(嘉永3)	小野職孝：和漢日用方物略. 1冊.
1850	(嘉永3)	井口望之編：本草綱目啓蒙図譜. 2巻.
1850	(嘉永3)	松浦武四郎：初航蝦夷日誌. 12冊.
1850	(嘉永3)	松浦武四郎：再航蝦夷日誌. 15冊.
1850	(嘉永3)	松浦武四郎：三航蝦夷日誌. 8冊.
1850	(嘉永3)	山本正路：量地必携. 1冊.
1850	(嘉永3)	永井則：泰西三才正蒙. 7冊.
1851	(嘉永4)	杉田玄瑞訳：地学正宗. 初篇. 4冊.
1851	(嘉永4)	伊藤圭介訳：遠西硝石考. 4冊.
1851	(嘉永4)	山崎成美 地球萬国山海輿地図説.
1851	(嘉永4)	川本幸民訳述：気海観瀾広義. 15巻.
1851	(嘉永4)	箕作阮甫：八紘通誌. 初篇. 3巻.
1852	(嘉永5)	伊藤圭介訳：硝石篇. 3巻.
1852	(嘉永5)	甲斐駒蔵：量地図説.
1852	(嘉永5)	新発田収蔵：新訂坤輿略全図.
1852	(嘉永5)	伊東玄朴・杉谷雍介：鉄熕全書. 12冊.
1852	(嘉永5)	川本祐軒：遠西奇記述. 2冊.
1853	(嘉永6)	藤田良：蝦夷国境輿地全国.
1853	(嘉永6)	野中治定：富山薬品会目録. 1冊.
1853	(嘉永6)	村田佐十郎：六分円器量地手引草.
1854	(安政元)	森立之：致異. 1巻.
1854	(安政元)	馬場佐十郎：泰西七金訳説. 5冊.
1854	(安政元)	鈴木善教：蝦夷旧聞. 2冊.
1854	(安政元)	前田夏蔭：蝦夷東西考證.
1854	(安政元)	佐藤信淵：硝石製造辨.
1855	(安政2)	乾溶：品物考證. 2巻.

	(安　政　2)	小野寺謙：
	(安　政　2)	赤松宗旦：
	(安　政　3)	宇田川興斎
	(安　政　3)	箕作阮甫：
	(安　政　3)	河野禎造：
	(安　政　3)	伊藤愼蔵：
	(安　政　3)	松浦武四郎
	(安　政　3)	広瀬元恭：
	(安　政　3)	村山正隆：
	(安　政　3)	暁鐘成：
862	(安政3—文久2)	飯沼慾斎：
	(安　政　4)	箕作阮甫：
	(安　政　4)	中田為知：
	(安　政　4)	森立之：本
	(安　政　4)	大鳥圭介訳
	(安　政　4)	箕作阮甫：
	(安　政　4)	佐藤民之助
	(安　政　5)	水谷行方：
	(安　政　5)	田原明章：
	(安　政　5)	武田簡吾：
	(安　政　5)	杉田成卿編
	(安　政　6)	松浦武四郎
	(安　政　6)	松浦武四郎
	(安　政　6)	岡安定：
	(安　政　6)	鈴木重尚：
	(安　政　6)	慕維廉
	(万　延　元)	森立之：本
	(万　延　元)	宇田川興斎
	(万　延　元)	箕作阮甫*
	(万　延　元)	松浦武四郎
	(万　延　元)	松浦武四郎
	(万　延　元)	松浦武四郎
	(文　久　元)	佐藤政養：
	(文　久　元)	松浦武四郎
	(文　久　元)	松浦武四郎
1862	(文久元—文久2)	箕作阮甫：
	(文　久　2)	文久壬戌
	(文　久　2)	佐田介石：
	(文　久　2)	寺田正晴：
	(文　久　2)	松沢信義：
	(文　久　2)	松浦武四郎

作阮甫には他に「密涅剌羅義」，「日阿

1862	(文　久　2)	松浦武四郎：天塩日誌．1冊．
1862	(文　久　2)	読書室物産會*品目．
1862	(文　久　2)	高島祐啓：欧西紀行．27巻．
1862	(文　久　2)	上野彦馬：舎密局必携．前編．3冊．
1863	(文　久　3)	平野元亮：硝石製煉法．1冊．
1863	(文　久　3)	松浦武四郎：納紗布日誌．1冊．
1863	(文　久　3)	松浦武四郎：戊午知床日誌．1冊．
1863	(文　久　3)	松浦武四郎：西蝦夷日誌．初編1冊．二編1冊．
1863	(文　久　3)	箕作阮甫：玉石志林．4巻．
1864	(元　治　元)	紀興之：越後土産．2巻．
1865	(慶　応　元)	広川晴軒：三元素略説．
1865	(慶　応　元)	鎌井正寿：本草正譌．32巻．
1865	(慶　応　元)	松浦武四郎：東蝦夷日誌．初編1冊．二編1冊．三編1冊．
1866	(慶　応　2)	渡辺一郎：地学初歩（英文）．
1866	(慶　応　2)	宇田川榕精：地学初歩和解．

* 京都で山本榕堂が開いた物産會

紹介

Lydon B. John Space Center:
B Explores The Earth. 517p. 1977.
B EREP Investigations Summary.
978. Scientific and Technical Infor-
Office, National Aeronautics and
Administration, Washington D. C.

B による一連の調査結果を収録した2
が, NASA から刊行されている。
は, 1973年に1号から4号まで打ち上
1号は5月14日に打ち上げられ, 無人
として利用され, 今年の8月にどこに
で多くの話題を集めた。2号は5月25
7月28日, 4号は11月16日に打ち上げ
ぞれ28日間, 59日間, 84日間後に回収
これらの人工衛星には, それぞれ3人の
が搭乗した。パイロットは打ち上げに
構造地質学, 海洋学, 気象学をはじめ,
たる教育を受け, 宇宙から様々な現象
それについての有効な情報を目視観察
集められるように, あらかじめ訓練さ

B には, Earth Resource Experiment
EREP) が搭載された。この装置は,
ラシステム, 狭波長帯走査システム,
能動的および受動的マイクロ波システ
, 6つのセンサーを持っている。マイ
テム以外は, いずれも複数のスペクト
持ち, 可視光線領域, 赤外線領域, マ
域の様々な波長の資料が収集できるよ
されている。

B 計画の特徴には, 各種センサーから
P の搭載とともに, 有人飛行による利
ていることがあげられる。各種センサ
所内で使用されるように人工衛星内で
こと, 海洋現象や大気現象を実時間で
と, パイロットが目視観察したことを
記録したことなどに, 有人飛行である
が生かされている。また, 打上げ時期
の夏, 秋, 冬とずらして, 同じ地域が
同じ軌道から, 季節を変えて探査されていることも, 特徴としてあげられよう。

記録された資料は, 2号から4号までを通じて, 写真が35,704枚, 磁気テープが72,725m, 音声記録が850例になるという。

SKYLAB Explores The Earth では, 一連の探査のうち, 4号による目視観察計画の結果の一部が紹介されている。この計画の目的は, ①人工衛星から目視観察できる地表・大気・水文現象のタイプの確認, ②科学的研究を補助するために, どのような目視観察がなし得るか, ③学際的研究における各種資料の使用法の開発, ④今後目視観察をするにあたって必要となるトレーニングのタイプの決定, にあった。

これまで刊行されている類書は, 日本で刊行されているものも含めて, 典型的であったり, 珍しかったりする現象の映像や写真を羅列し, それに多少の説明を加えるというのがほとんどである。この報告では, 過去の人工衛星による探査や, 地上調査による研究成果をもふまえて行なわれた解析結果が収録され, 論文集の形態をとっている。

論文は18編収録されており, その内容は多岐にわたる。論文の題名を要約すると, サンド・シー砂漠, グローバル・テクトニクス, 北米南西部の地質学的特徴, 火山と火山地形, ガラパゴス諸島のフェルナンディアン・カルデラの噴火, マニコウガン・インパクト・ストラクチャー, 積雪の図化, 人工構築物の形態, 植生パターン, アフリカの旱害と乾燥地域, 太洋の目視観察, 海洋学に対する貢献, 流氷の目視観察, 大気汚染現象の定量的解析, 気象学的応用, 熱帯低気圧の構造, メソスケールでのウェーク・クラウド, メソスケールでの雲の形態, である。

多岐わたる現象が各論的に取扱われているので, 一部に重複がみられるが, 目視観察とハンドヘルド・カメラによる撮影の結果が充分に活用された遠隔探査の研究事例として, どの論文も, それぞれ読者の関心をひくであろう。とくに, 世界の主要な砂漠の風成砂が形態的に分類され, 分類結果が写真と対照できるように表にまとめられているサンド・シー砂漠についての論文や, 携帯用カメラによる斜写真が地質構造をより強調する効

果を示しているグローバル・テクトニクスや北米南西部の地質構造の論文は，興味深い。その他，砂丘の形態と地上風の関係，桜島の噴火にともなう噴煙の流れ方の高層気象観測資料による解析，擾乱にともなう雲の形態の地上観測資料による解析などは，その分野の研究者の関心を強くひきつけるであろう。なお，巻末には，付録としてグロッサリーがつけられ，なじみの薄い術語の理解を助けてくれ，便利である。

SKYLAB EREP Investigations Summary は，一連の研究結果のまとめである。6章と付録からなる。

1章　序，には，EREP による調査の概略が示されている。

2章　土地利用と図化，では，土地利用の判読と図化についての問題がのべられている。土地利用は，市街地，農地，林地など9種に大分類され，さらに，一部を除いて2～9種に細分類されて，34の分類単位が設定されている。これらの分類単位の判読の精度について，センサーの種類と異る季節による判読の精度が示され，また，他の遠隔探査結果との比較がなされている。図化については，100,000分の1以下の縮尺でなら，充分利用できるが，より大きい縮尺での図化では，空中写真による図化より劣るし，雲による障害のこともあり，今後の改良が必要であるという。

3章　農業・山岳・森林，では，農業については，作物の種類，作付面積，生育状況などの判読とともに，土壌の水分や塩分濃度などについての判定法がのべられている。山岳や森林については，植生に基づく土地分類法や，樹種の判読が検討されている。この章では，農地や森林などの管理に必要な資料を，利用者側の立場に立って解析するという態度が示されている。

4章　地質と水文，では，地質構造の解析と地質図の作製，環境地質への利用がまず論じられ，それらに関連した諸問題への適用が検討される。ついで，資源としての水の探査法が，地下水をも含めて検討されている。

5章　太洋と大気，では，太洋では，ジオイド面の解析，水温・塩分濃度などの海水の諸性質の解析法の他に，流氷，海岸の堆積物など海洋に関する諸問題がとりあげられている。大気
は，輻射や太陽放射の問題についてもこ
析されるとともに，大気内の諸現象が
とくに，マイクロ波領域を利用して海
を測定する方法が開発されていること
や海洋学に貢献するところが大きい
る。

6章　資料の解析技術，では，ERE
されたセンサーの解説がなされ，その
が示されている。さらに，付録には，
センサーのシステム，写真資料や数値
法の原理などが紹介されている。

この報告書は，EREP の資料を使用
の研究者の研究報告を集大成して，要
る。したがって，扱われている内容を
することはしていないが，内容の概要
たように，遠隔探査に現在関係してい
すべての問題にふれていると言っても
う。また，多くの解析が，狭い波長帯
つセンサーにより得られた資料を，い
ることによって判読の精度を向上させ
られている。その結果は，多くの表に
ており，解析例を示す写真や図ととも
しやすくしてくれる。

地表面の遠隔探査では，判読と図化
題であろう。とくに判読の場合には，
握された現象を各論的に解析し，利用
を拡大していくことと，汎用性の高い
の精度を高めていくことが重要である。
解析結果が，他の地域の調査にも適用
動化が進められることが期待される。
書は，各論と総論という形態をとって
れている現象も広範にわたり，読者の
してくれるであろう。また，解析結果
の適用ということについては，土地利用
自動化が，ほぼ可能になっていること
土壌図や植生図など，他の土地条件を
拡大することが期待される。　　　　（

式　正英：自然の博物誌<山>，178頁

図版32頁，1979年6月，日本放送出版

国土の大部分が山地で占められる我

人々の生活と深いかかわりをもってき
山に関する紀行文や小説や写真集な
出版されているが，本書のように，多
然と人間生活との関係について，広い
りかけた本は，これまで例をみなかっ
といであろう。学生時代から山に親し
形学を研究してきた著者の長年の蓄積
を生んだものといえよう。
977年4月から1年間，NHK 第一放
ュータリー」で企画された「自然の博
ほとして，毎週月曜日に放送されたも
への話がそれぞれ本文3頁ほどの読み
まとめられ，全体が次の3つの章に再
いる。
「山の表情」と題して，四季のうつり
して各地にみられる山のたたずまいと
が中心となり，雪の山，雨の山，樹氷，
お花畑，湿原，渓谷，峡谷，滝，
の温泉，それに洋上の山，乾燥地域の
や地帯の山などのテーマから成る。
「山のすがた」で，どちらかというと
の地形，地質，成因などを主としてお
，山の形，峰の形，山地と山脈，高
山，断層地形の山，花崗岩の山，カ
カール，雪渓などのほか，地すべ
なだれなどの話題がとりあげられて

「山の自然と人」では，山の自然と人間との文化的，歴史的なつながりという側面から，登山，スキー場，牧場，鉱山，高地にある都市，峠，山のけもの，山に住む人々（杣，またぎ，木地屋など），信仰の山，山でみた幻，山火事，大気汚染による樹木の立枯れなどの話があつめられている。

以上の全体にわたって，実例としてとりあげられた山々は日本国内はもちろん，アルプス，ヒマラヤのほか，北ヨーロッパ，南北アメリカ，中央アジア，アフリカ，ニュージーランドなど世界各地域に及ぶが，そのいずれもが著者自身の現地での観察や見聞によるものだけに，説得力をもっている。

さらに，本書で特筆すべきものとして，鮮明な山の写真版がある。本文とは別に，32頁分のカラー図版があり，「アルプスの前山」，「スカンジナビアの山」，「北極（カナダ北極諸島）の山と氷河」，「乾燥地（アメリカ合衆国南西部とメキシコ）の山と高原」の4部に構成され，解説文がつけられている。本文中に使われている白黒のカット写真も含めて，すべてが著者自身の撮影になるものであり，学術写真として貴重であるだけでなく，芸術写真としても十分通用するものである。

本書は，平易な文章で書かれた一般向けの気軽な読物になっているが，山に対する理解を通じて，人間と山との交渉のあり方を考えさせてくれる好著というべきである。　　　　（五条英司）

協会記事

理事会（昭和54年度第2回，昭和54年7月17日）

出席者：坪井会長，末野，木内副会長，川上，坂倉，佐藤（久），佐藤（光），西川，山内各理事，矢沢監事
保柳百周年記念事業実行委員長

議　事：

1. 百周年記念行事について，保柳委員長より配布資料により説明があり，11月1日に式典，祝宴（地学会館）及び記念講演会（クラブ関東）11月2日に記念講演会（クラブ関東）を行うことに決定した。
2. 会員担当を佐藤（光）理事，図書担当を坂倉理事に決定した。
3. 各委員会の委員長及び委員について次の通り決定した。
   図書委員長　岩生周一　委員は佐藤（光）委員を除いて再任
   編集委員長　前島郁雄　委員は井上英二　神戸信和　木村敏雄　五条英司　佐藤久　式正英　諏訪彰　浜田隆士　前田四郎　松田磐余　茂木昭夫　山口岳志　山本正三
   行事委員長　西川治　委員は歌田実　佐藤茂　中村和郎　浜田隆士　吉田栄夫
   会館委員会，会員委員会は全員再任
4. 地学会館集会室使用のご案内（案）について一部訂正の上承認した。
5. 新光監査法人との契約について
   第100期および第101期についての契約を承認した。
   その他
6. 浜地忠男氏の入会申し込みを了承した。
7. ピンク電話を事務室前に設置することにした。

報　告：

1. ノルデンショルド周航百周年記念シンポジウム（案）について，協会としては11月19日より22日まで会館を提供することとした。
2. 堀江正治氏より依頼のあったアルプスにおける氷河問題についての講演会は10月20日13：00より講堂で開催することとした。
3. 地質調査所の筑波移転に伴って8月15日より12月末日まで地質図の払下げが中止されるので，その間の必要見込量を購入しておく旨の報告があった。

定款検討小委員会（第16回，昭和54年7月18日）

出席者：渡辺委員長，斉藤，川上，岩生各委員

議　事：前回議事録を承認の上，定稿（案）の第25条から各条の検討を行ない，これを終了した。次回までに委員会としての答申案を準備しておくこととした。

図書委員会（昭和54年度第2回，昭和54年7月24日）

出席者：坂倉理事，岩生委員長，平山，前島，戸谷，浜田各委員

議　事：前回議事録の承認の後，図書目録作製および図書整理の手順について検討した。それにより，書庫内での準備作業に着手した。

会館委員会（54年度第4回，昭和54年8月29日）

出席者：末野副会長，山内委員長，石和田，片山，川上，坂倉，佐藤，式，平山各委員

議　事：

1. 建築委員会からの引継資料を確認した。経理関係を除き建築委員会からの資料の引継は今回をもって完了した。
2. 会館の利用状況，会館特別会計方式，会館委員会所管備品の管理について検討した。

編集委員会（昭和54年度第2回，昭和54年9月4日）

出席者：前島委員長，五条，佐藤，浜田，松田，山本各委員

議　事：

第88巻5号の編集について審議した。

会　告

100周年記念行事について

創立100周年を記念し下記により式典，祝賀パーティー，公開講演会を開催いたしますので振ってご参加下さるようご案内申し上げます。

記

1. 式　典
   日　時　昭和54年11月1日（木）　午前10時30分より12時まで
   会　場　東京地学協会講堂（千代田区二番町12番地2　電話 261-0809）
2. 祝賀パーティー
   日　時　昭和54年11月1日（木）　午後5時30分より7時30分まで
   会　場　番町共済会館　（千代田区二番町2　電話 265-9251）
   会　費　3,000円（当日会場受付にていただきます）
3. 公開講演――地殻と人間生活――

第1日　昭和54年11月1日　13：30～17：10
あいさつ：13：30～13：40　末野悌六
講　演：13：40～17：10
(1) 化石エネルギー資源　石和田靖章
(2) 地殻・水・資源　片山　信夫
(3) 地殻開発とその課題　佐藤光之助
第2日　11月2日　10：00～17：00
講　演：10：00～12：15，13：45～14：50
(4) 地殻と自然災害　森本　良平
(5) 最近の地震災害の特色　中野　尊正
(6) 国土の開発史と保全問題　西川　治
討　論：15：00～17：00
司会　木内信蔵　岩生周一
会　場：クラブ関東　東京都千代田区1番町21番地　電話 261-8566

ノルデンショルド記念日瑞シンポジウムについて

今年は，スウェーデンのA. E. ノルデンショルド教授（1832～1901）が，ヴェガ号に乗り，史上初の北氷洋横断に成功，ユーラシア大陸周航の偉業を達成してから百周年にあたります。その帰途，博士は明治12年（1879）9月2日，横浜に到着，北白川能久親王をはじめ東京地学協会員の大歓迎をうけ，記念メダルを贈呈されました。その後，日本国内を旅行し，6,000点にのぼる和書を収集して，1880年4月24日に帰国，称賛をはくし，国王からは男爵の称号を授与されました。以来この日をスウェーデン人類・地理学協会（SSAG）は，例年の祝祭日と定めております。

この記念すべき百周年にあたり，東京地学協会は，日本地理学会およびSSAGと，本年11月19日から1週間にわたり，「ノルデンショルド記念日瑞シンポジウム，公開講演会，北海道における講演会・開発視察」を共催することになりました。スウェーデンからは下記3名の錚々たる学者が参加される予定であり，この記念行事は日瑞の学術交流と親善を深めるばかりでなく，高緯度地方に関する科学研究の促進にとっても，きわめて有意義であると確信する次第です。振ってご参加下さるようご案内申し上げます。

記

スウェーデン側参加予定者名

E. ビルンド：ウメオ大学教授　前総長

G. ホッペ：ストックホルム大学教授　前総長　王立科学アカデミー院長

V. シット：スウェーデン自然調査所教授 SSAG 会長

主催

東京地学協会（会長　坪井誠太郎）・日本地理学会（会長　矢澤大二）・スウェーデン人類，地理学協会(会長ヴァルテル・シット)

協賛

スウェーデン大使館　日本学士院　日本・スウェーデン協会　日瑞基金　スウェーデン社会研究所

後援

文部省　日本学術振興会　朝日新聞社（東京本社）

実行委員会

委員長：矢澤大二　委員：G. ホッペ　V. シット　P. フリッツオン　平田冨太郎　西村光夫　服部禮次郎　木内信藏　大矢雅彦　藤木忠美　前島郁雄　吉田栄夫　門村浩　○西川治　※中村和郎　※宮下史明　※徳永英二　※三上岳彦　※岩田修二　○事務局長　※幹事

行事予定

ノルデンショルド北氷洋周航百年記念シンポジウム（11月19，20日　於東京地学協会）

全体テーマ：高緯度の自然と民族

サブテーマ：氷河地形と周氷河環境　北極と南極の科学探険　極地，亜極地民族

11月19日（月）

10時　開会式

10時45分　記念講演

矢澤大二（東京都立大学名誉教授・日本地理学会長）：A. E. ノルデンショルドと東京地学協会

ヴァルテル・シット：北極探検家としての A. E. ノルデンショルド

——昼　食——

14時　セッションⅠ「氷河地形と周氷河環境」

グンナル・ホッペ：最終氷期の北西ヨーロッパおよびヨーロッパ北極地域の氷床域

木下誠一(北海道大学低温科学研究所教授)：ヤクーチア（シベリア），バロー（アラスカ）およびマッケンジーデルタ（カナダ）におけるいくつかの典型的な永久凍土の地形について

グンナル・ホッペ：高緯度地域におけるリモートセンシング

11月20日（火）

10時　セッションⅡ「北極と南極の科学探検」

ヴァルテル・シット：イメール—80—新スウェーデン北極総合学術調査

吉田栄夫（国立極地研究所教授・第20次日本南極観測隊長）：日本の南極観測の一端について

——昼　食——

13時30分　セッションⅢ「極地，亜極地民族」

饗場徳衛（NHK）：ノルデンショルドによる日本の図書のコレクション

エリック・ビルンド：フィンランド，ノルウェー，スウェーデン北部のラップ人

藤本強（東京大学文学部附属，北海文化研究常呂実習施設助教授：プレアイヌと擦文文化

16時　閉会式

公開講演（11月21日（水）於朝日講堂，東京都千代田区有楽町2－6－1　TEL 03-212-0131)

13時　　開会式
13時20分　吉田栄夫：シット博士と極地の調査
13時40分　ヴァルテル・シット：スウェーデンの極地探険
——休　憩——
15時　　エリック・ビルンド：ラップ人の文化と生活
16時　　映画
南極第17次隊の記録（17分）
ラップ人の手工芸（33分）
海道における講演会・視察（11月22日～24日）
北海道大学での講演，地形，農業開発，工業開発，アイヌ文化などを見学
示（11月19日，20日　於東京地学協会）
東京地学協会よりノルデンショルド教授に贈呈されたメダル，ノルデンショルド教授が収集した日本の図書のコレクションの一部等。

Journal of Geography
Vol. 88, No. 5 (833), 1979

地学雑誌　第833号　昭和54年10月20日印刷
昭和54年10月25日発行
編集兼発行者　前島郁雄
発行所　社団法人 東京地学協会　東京都千代田区二番町12-2
郵便番号 102　電話東京(261)0809番　振替口座東京 66278番
印刷所　一ツ橋印刷株式会社　東京都品川区上大崎3-12-15

東京地学協会取扱い出版物

1/5万 地質図説明書付き（△印を除く）　（▲印新刊）

…60円
…00円

松 / 尾 / 田 / 二…合 / 穂 / …山 / 内 / 田 / 西部 / 三崎 / 館 / 部 / 東部 / …岬 / 小島 / 肥 / 垣 / 迫 / 畑 / 長浜 / 市場 / 鹿 / …沢 / 浜 / 田 / 南 / 津 / 島 / …山 / 本 / 岡

甲府 / 国分 / 昆布森 / 猿留 / 須坂 / 垂水 / 田沢湖 / 但馬竹田 / 丹後由良 / 妻籠 / 土淵 / 都農 / 津山東部 / 都井岬 / 当別 / 動木 / 苫前 / 富高 / 那智 / 男体山 / 西方 / 沼田 / 鰐崎 / 八丈島 / 春立 / 羽幌 / 浜益 / 東茂住 / 登岳 / 平戸 / 人首 / 船津 / 幌加内 / 本岐 / 幌泉

母衣月 / 神子元島 / 三日市 / 三厩 / 門別 / 焼尻島 / 吉野山 / 呼子 / 留萌

各 600円
〒 400円

阿寒湖 / 網走 / 荒島岳 / 伊万里 / 内の浦 / 遠別 / 雄冬 / 渡島大島 / 大村 / 奥津 / 鹿屋 / 上里 / 鯛ノ浦 / 加子母 / 金木 / 加治木 / 北見 / 草津 / 小口瀬戸 / 国領 / 佐用 / 志布志

城端 / 周南 / 男女群島 / 鷹巣 / 達布 / 田並 / 太良鉱山 / 近川 / 智頭 / 月形 / 徳舜瞥 / 仁位 / 西徳富 / 根雨 / 羽島 / 初浦 / 肥前高島付野母崎 / 日向青島 / 美幌 / 肥前江ノ島 / 弘前 / 深浦 / 三島 / 三田井 / 焼石岳 / 涌谷 / 若柳

各 890円
〒 450円

▲伊東 / 五所川原 / 田老 / 妹背牛 / △横田 / 脇野沢

850円　〒400円
山形市北部地質図

各 2,390円
〒 500円

▲栗栖川 / 竹田 / 蓼科山 / ▲若桜

2,390円
〒 { 都内 450 / 第一地帯 550 / 第二 〃 650 / 第三 〃 750 }

浜松

各 1,390円
〒 450円

磯浜 / 伊良部島 / 岩沼 / ▲鳥取 / 魚津 / 渡島福島 / 川尻 / 金華山 / 熊石 / 久遠 / 五城目 / 尻屋崎 / ▲修善寺 / ▲下田 / 竹貫 / 多良間島 / 鶴居 / 利島 / 富江 / 那珂湊 / 野尻

彦根東部 / 都城 / ▲屋久島西南部 / 八雲 / 陸奥川内 / 米内沢

各 1,510円
〒 450円

羽後和田 / ▲小諸 / 知内 / 大樹 / 館 / 多里 / ▲大正 / 津幡 / 飛騨古川 / ▲宮古島北部

各 1,840円
〒 450円

秋田 / 上石見 / ▲木古内 / 本荘 / ▲神門 / 八が岳 / ▲湯沢

各1組 600円
〒 400円

芦辺・勝本・郷ノ浦
大槌・霞露岳
大間・佐井
阿田和・新宮
伊予高山・八幡浜
掛塚・見付

…万 地質図　各 〒 300円

…0円

巻 / 分 / …島 / 津 / 知 / …地 / 幌 / 山

輪島 / 伊良湖岬

各 620円

青森 / 網走 / 酒田 / 新庄 / 標津 / 苫小牧

深浦 / 宮津 / 稚内

各 870円

岩内 / 天塩 / 広尾 / 尻屋崎

各 1,140円

根室 / 鳥取 / 富山 / 斜里 / 留萌

各 1,310円

宮古島 / 知床岬

釧路 / 豊橋 / 野母崎

各 1,870円
静岡および御前崎

旭川

2,350円
弘前および深浦

1/7万5千 地質図 説明書付き

各 490円
〒 400円

鬼首 / 高松 / 徳島 / 勿来

1/50万 地質図

1,950円
福岡

500円
八丈島 / 奄美大島

2,320円
釧路

以上〒 300円

…誌　隔月発行，1カ年8,700円（送料を含む）。巻号によっては分売いたします。

地學雜誌

JOURNAL OF GEOGRAPHY

Vol. 88, No. 6 (834), 1979

目　　次

CONTENTS

TOKYO GEOGRAPHICAL SOCIETY
(TOKYO CHIGAKU KYOKAI)
Founded in 1879
Nibancho, Chiyoda-ku, Tokyo

東京地学協会取扱い出版物　(▲印新刊

各 〒400円

▲1/200万	日本鉱床分布図帯(17-2,3,4)	3,010
▲1/200万	日本の熱水変質分布図(19-1)	1,540
1/200万	日本地質図	1,560
1/200万	日本変成相図	700
1/200万	日本炭田図	890
1/200万	日本鉱床生成図(14)	720
1/200万	日本鉱床生成図(15)	940
1/ 50万	後期新生代地質構造図東京	1,280
1/ 50万	地質構造図秋田	890
1/2万5千	佐世保北部	850
1/2万5千	生駒山地西麓部	830
1/2万5千	鬼　首	650
1/ 10万	石狩沖積低地	1,240
1/ 50万	第四紀地殻変動図近畿	1,580
1/200万	日本油田ガス田分布図	1,150
1/200万	粘土鉱床分布図	1,370
1/ 10万	東京湾周辺地域の地質 ▲(地質図説明書組の場合) 3,230	2,500 1,080
1/500万	An Outline of the Geology of Japan	1,030
1/ 5万	阿寺断層周辺地域の地質構造図	2,520
1/200万	日本活断層図	930
1/5万, 1/10万	伊豆半島活断層図	1,390
1/200万	日本温泉分布図 } 組の場合 1,950	1,280
	日本温泉鉱泉一覧 }	930
1/200万	絶対年代図(16-1)花崗岩	650
1/200万	絶対年代図(16-2)変成岩	900
1/100万	日本地質図	4,690 〒500

海洋地質図　各 〒400円

1/ 20万	(Ⅲ) 相模灘及付近海底地質図	1,840
1/ 20万	(Ⅳ) 相模灘及付近表層堆積図	1,630
1/ 20万	(Ⅴ) 紀伊水道南方海底地質図	1,700
1/ 20万	(Ⅵ) 紀伊水道南方表層堆積図	1,280
1/100万	(Ⅶ) 琉球島弧周辺広域海底地質図	3,610
1/100万	(Ⅷ) 西南日本外帯沖広域海底地質図	2,000
1/ 20万	(Ⅸ) 八戸沖表層堆積図	2,350
1/ 20万	(Ⅹ) 八戸沖海底地質図	1,970
1/100万	(XI) 日本海溝，千島海溝南部	2,650
▲1/ 20万	(XII) 西津軽海盆表層堆積図	2,440

日本油田ガス田図	(Ⅰ)	青山奥	820
〃	(Ⅱ)	横浜	820
〃	(Ⅲ)	横須賀	820
〃	(Ⅶ)	魚沼	3,410 〒750
〃	(Ⅷ)	本宿	1,510
〃	(Ⅸ)	七谷	820
〃	(Ⅹ)	茂原	2,140
〃	(XI)	佐渡	1,510
同上	説明書	佐渡	1,510

日本水理地質図　各 〒400円

(Ⅳ) 山梨県釜無川および笛吹川流域
(Ⅴ) 香東川・土器川・財田川流域
(Ⅵ) 愛媛県金生川・加茂川・中山川・重信川流域
(Ⅶ) 千葉西部
(Ⅷ) 奈良県大和川流域
(XI) 長野県松本盆地
(XII) 兵庫県南西部
(XIII) 佐賀・福岡県筑後川中流域
(XV) 都城盆地
(XVI) 仙台湾臨海地域
(XVII) 高知県・鏡川・国分川および物部川流域
(XVIII) 福岡・大分山国川および駅館川流域
(XIX) 熊本県白川および黒川流域
(XX) 鳥取県日野川流域
(XXI) 福岡県矢部川中流域
(XXII) 山梨・長野県釜無川上流域
(XXIII) 長野・群馬県湯川および吾妻川流域
(XXIV) 長野県千曲川中流域
(XXV) 島原半島
(XXVI) 長崎県諫早北高地区
(XXVII) 長野県上川柳川及び宮川流域
(XXVIII) 福島県郡山盆地

空中磁気図　各 〒450円

(Ⅰ) 酒田-村上-弥彦-糸魚川海域
(Ⅱ) 稚内-利尻-遠別-留萌-札幌海域
(Ⅲ) 浜頓別—雄武—網走海域
(Ⅳ) 御前崎—浜松—豊橋海域
(Ⅴ) 西九州長崎—川内海域
(Ⅵ. Ⅶ) 気仙沼-岩沼-磐城-日立-鹿島-鴨川海
(Ⅷ. Ⅸ. Ⅹ) 厚岸-浦幌-苫小牧-函館-富川-襟裳-積丹海域
(XI XII) 輪島-福井-陸奥-尻屋崎-八戸-宮古-気仙沼-花巻海域
(XIII) 福井-豊岡-隠岐海域
(XIV. XV. XVI) 豊橋-尾鷲-串本-紀伊水道-室戸-足摺-延岡-宮崎-日南-佐多岬海域
(XVII, XVIII) 天北-十勝地域
▲(XIX. XX) 日高—大雪地域
▲(XXI. XXII) 奥尻—津軽—西津軽—男鹿半島酒田海域
▲(XXIII) 五島列島—野母崎—男女群島—甑海域

各〒450円(ただしⅠ，Ⅱ，Ⅲは都内550円
第一地帯670円　第二 〃 770円　第三 〃

日本炭田図 (Ⅰ) 常磐炭田図ならびに説明書
〃 (Ⅱ) 北松
〃 (Ⅲ) 留萌炭田大和地区
〃 (Ⅳ) 常磐炭田泉地域
〃 (Ⅴ) 釧路炭田新鍵別地域
〃 (Ⅵ) 石狩炭田空知区東芦辺地域
〃 (Ⅶ) 釧路炭田北西部
〃 (Ⅷ) 雨竜—留萌
〃 (Ⅸ) 佐世保市南西部新
〃 (Ⅹ) 新潟県赤谷
〃 (XII) 佐世保市西南部地域ならびに説明書
〃 (XIII) 天北炭田地質図
天北炭田炭層対比図炭柱図

Geology and Mineral Resources of Jap
〒都内 600円　第一地帯 720円
第二 〃 820円　第三 〃 920円
並製 3,780円



写真 1　海成段丘上の砂丘を切るウェーバリー断層（手前の砂丘頂から撮影　羊の手前の小崖が断層崖）



写真 2　海蝕崖直上の小断層崖と断層面

ニュージーランドの正断層

Normal Fault in New Zealand

ニュージーランドは断層地形の宝庫である。中でも巨大な右横ずれを起こしているアルパイン断層とその延長に位置するいくつかの大断層列は有名で日本でもよく紹介されている。ここでは，それらとは異なり北島，西半部のタウポ正断層帯の一部を成すウェーバリー断層をとりあげた。ウェーバリー断層はいくかの断層から成る断層帯でいずれも活断層として，タスマン海に面する海成段丘を変位させている。これらの断層はすべて右横ずれ成分をもった正断層である。→



写真 3 断層崖に沿う大規模地すべり

後期第四紀の海成段丘を変位させていることから最近数万年間に活動したことは疑いないが，低位の海成段丘上を覆う完新世の砂丘を変位させており（写真1），さらに写真2のような現在の海蝕崖の付近にみられる非常に新鮮な変位して露出した断層面も存在する。一方，断層崖の中には大規模な地すべりを起こし，本来の活断層崖が拡大したものもみられる(写真3)断層崖に沿う地すべりは随所でみられ活断層と地すべりの関連に格好の材料を提供している。

ニュージーランドは一般に露頭が少なく，断層を地質的に確認するのに困難を感じるが，それでも段丘堆積物を切る正断層が断層地形の位置に発見された（写真4）

1978年12月，1979年3, 6, 7月星埜由尚撮影
(photo by Y. HOSHINO)



写真 4 段丘堆積物を切る正断層（落差約 40cm）

最近の石油成因論

浅 川 忠*

Modern Theory on Origin of Petroleum—A Review

Tadashi ASAKAWA

Abstract

A large number of theories proposed in the past to make clear the origin of petroleum are classified into two major concepts: inorganic and organic (biogenic) origin. Until the early years of this century, the inorganic origin has been lasted by many advocators. In recent years, kerogen becomes to be widely accepted as a petroleum origin. Hydrocarbon starts to be generated, at first gradually, then rapidly, by thermal cracking of kerogen with increasing depth of burial. This concept was proposed, at first by ABELSON (1963) and was advocated by COOPER et al. (1963), PHILIPPI, (1965), TISSOT et al. (1971) and the other researchers on reliable evidences. Prompting by their geochemical studies on organic matter in the sedimentary rocks in petroliferous areas, many strong geological evidences which are profitable for this concept have been introduced one after another.

In this general review, the history of the theory on origin of petroleum, geological evidences which are profitable for the kerogen concept, relationship between diagenesis of the sedimented organic matter and petroleum generation, and time-temperature relation in petroleum generation are presented. There is still contraversy on the theory of the primary migration. The deposit of petroleum is formed through three processes: generation, migration and accumulation. The concept of petroleum origin must not be, therefore, inconsistent with those of the other processes. The study on kerogen itself is undoubtedly important and moreover to search an evidence of direct relation between source rock and petroleum accumulation is expected in the future.

1. はじめに

石油の成因を明らかにすることは，単に学問的興味を満足させるにとどまらず，石油の探鉱においても極めて重要なことである。石油探鉱が他の鉱物資源のそれに比べて非効率的な理由の最大のものは，鉱床形成過程に不明な点が多いことである。すなわち，石油は流体であり，一般にそれが生成された場所から別の場所へ移動し，集積して鉱床を形成するため，その過程を精度よく追跡し，復元する知識が未だ得られていないことが，石油探鉱の効率を低いものにしているといえる。石油鉱床は生成・移動・集積の三段階を経て形成されるが，それぞれの理論は田口 (1968) が三位一体論として述べているように，互いに矛

* 石油公団・石油開発技術センター
Hamura Branch, Technology Research Center, Japan National Oil Corporation 3190-1 Hane, Hamura-Cho, Nishitama-Gun, Tokyo 190-11.

盾するものであってはならない。これらのうちで，生成に係わる石油成因については，近年非常に多くの人々が支持する一つの理論に集約されつつある。それはケロジェン* 根源説である。

本紙で取扱う石油とは，経済量の鉱床を形成している石油の意味であり，地球上に普遍的に存在する炭化水素全般についての成因にはふれないこととする。

2. 石油成因説の変遷

石油成因説に無機説と有機説があることはよく知られている。言葉を換えれば非生物起源説と生物起源説といえる。無機成因説は二つに大別される。すなわち，地球深部説と宇宙説である。前者は HUMBOLDT (1804) とか Virlet d'DUST (1834) らが最初に主張したもので，地球深所で炭素と水素が直接反応して生成されたものであろうという説である。周期律表の発明で有名な MENDELÉEFF (1877) は地下深所における鉄カーバイト ($Fe\ C_2$) と水との反応で生成されたものであるとした。宇宙説は SOKOLOV(1890)，HOYLE (1955) らによって主張されたもので，石油は地球創生時からすでにあったもので，それが効果的に集積したものであると考えた。これは遊星にはメタンガスが広く分布することと，隕石中にいろいろな種類の炭化水素が含まれていることをその根拠としている。

このような無機成因説は，主として化学者によって主張されたもので，これに対し地質学者はこれらの仮想根源物の存在は地質学的事実と一致しないとして，きびしく追求し始めた。にも拘らず，20世紀に入っても，無機成因説はかなりの支持を得ていたが，ここ10年間ぐらいになってようやく下火になった。しかし，現在でも時折，無機説の論文が目にふれる。これは，先にも述べたように炭化水素の成因と石油の成因とは区別して考えるべきで，無機成因論者はこれを混同していることに起因している。なぜならば，地球上に普遍的に分布する炭化水素の中には明らかに無機的に生成されたとしか考えられないものも存在するからである。

一方，有機成因説も非常に古く，恐らく16世紀の初め頃といわれているが定かではない。有機成因説は18世紀に入って多くの支持を得るようになった。例えば，MACQUER (1758) は植物油と酸との反応を提唱し，LOMONOV (1763)，BOCCONE (1697)，HUTTON (1795) は石炭の自然蒸留説を主張した。MONGEZ (1784) は植物の分解物，動物の排せつ物が地下に埋まり，鉱酸との反応により瀝青物質が生成されたと考えた。これに類した成因説が20世紀中頃まで数多く出されてきたが，いずれも頭の中だけで考えたか，若干の室内実験で確認したものであり，石油鉱床形成過程の出発点として，すなわち引き続く移動・集積を考慮した上での理論ではなかった。しかし，これらの中でも注目すべき考え方を提唱したのがいくつかある。例えば，NEWBERRY (1860) の暗色頁岩中での有機物の緩慢な，低温による蒸留説とか，ENGLER と HÖFER (1909) による動物性脂質又は脂質性植物の蒸留による石油生成の実験，また我が国の高橋 (1922) による腐泥中に含まれる不溶性有機物の分解説の如く今日の説と極めて似ているものもあった。

石油成因論として，無機起源か有機起源かの点に関しては，石油の99%以上が堆積岩中に発見されていること，さらに火成岩，変成岩中に発見されたものも，それと隣接して堆積岩が分布すること，および石油中に生物マーカーといわれる生物によってのみ合成され得る化合物が数多く含まれることなどから判断して，有機起源説が絶対的に有利である。したがって，近年における成因論の争点は有機説の範囲内における見解の相違であるといえる。

田口 (1975) は有機成因説を三つに大別した。すなわち，生物炭化水素直接成因説，続成作用初期成因説および続成作用後期成因説である。生物炭化水素直接成因説は，アメリカ石油学会の研究プロジェクト

* ケロジェン (Kerogen) の語源はギリシャ語で石油とかワックスを作り出すものという意味であり，もともとオイルシェールなどに含まれる有機物の呼称であった。最近では広く堆積岩中の不溶性有機物という意味で用いられる場合が多い。

[o. 43 "石油の成因" において，主としてペンシルベニア州立大学のグループが主張したもので，石油は
物体内で生成されたものが選別，濃縮されて集積したものであるとする考え方である。RILEY (1944)
よれば海中生物は一年間に1,200万トンの炭化水素を生成する。したがって，それらの僅か0.01%が100
年分蓄積されれば世界の石油資源をすべてまかなうことができるとしている。ところが原油中の炭化水
には生物体内では形成されない種類のものを多く含み，すべての石油をこの成因説で説明することはで
ない。

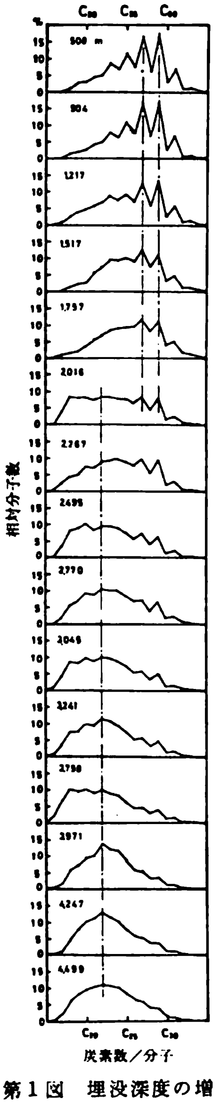
続成作用初期成因説は堆積物が固化する前に有機物から親水性の未熟な石油（プロトペトロリュウム*）
生成され，堆積物の急速な圧密に伴って排出される尨大な水に溶解して貯留層へ入り，その後地層埋没
進行に伴って上昇する温度の影響で真の石油になり，疎水性となってトラップに集積するとする考え方
ある。しかし，この説には一つの盲点がある。堆積後比較的早い時期に還元的分解により根源有機物か
親水性の石油類似物質が生成される可能性はある。ところが，この親水性物質が泥質岩から水に溶解し
滲透層へ入り，そのままの状態で埋没してゆくことはあり得ない。なぜなら，親水性物質を溶解してい
水は地層の埋没，圧密が進行する限り，継続して系外へ排出されるからである。親水性物質だけを滲透
に残して水だけ排出されることは，親水性であり，かつ堆積初期で帽岩の性質も不完全であるだけに考
られないことである。すなわち，このような物質が仮りに滲透層へ入ったとしても，その大部分は水と
に系外へ逸散してしまうと考えるべきである。

続成作用後期成因説は，現在最も多くの支持を得ている説で，今世紀初頭に唱えられた地下深所熱成説
再来であるが，内容的には面目を一新している。1960年代に入って化学分析技術の進歩に伴って，堆積
中の有機物について詳細な研究が各地で勢力的に行われるようになった。それらの研究で，共通して
没深度の増大に伴う地温上昇により，ある深度から急激に炭化水素濃度が上昇する事実が明らかにされ
。これは続成作用後期成因説に極めて有利なデータとなった。そこで，続成作用初期成因説では，石油
作り出した有機物の残滓であるとされたケロジェンが注目を集めるようになった。ケロジェン根源説，
なわち石油はケロジェンの主として熱分解作用によって生成されるとする仮説に立って油田，油層のあ
方を考察すると極めて整然とした解釈が可能となることから，現在では最も信頼できる説であるとして
倒的な支持を得るようになった。

3. ケロジェン根源説に有利な地質学的証拠

石油は主としてケロジェンの熱作用により生成されるとの考え方を最初に発表したのは ABELSON
1963) であるが，それより数年前より続成作用後期成因説を裏付けるような地質学的証拠は，続々と出さ
始めていた。それらの中で最もよく知られているのが高分子 n-アルカンの奇数・偶数炭素数の存在比で
ある。STEVENS et al. (1956) はメキシコ湾における現世堆積物中の n-アルカンは奇数炭素数分子のもの
偶数炭素数分子よりも数倍多く含まれており，原油とか古堆積物中のそれがほぼ等量含まれているのと
対照的である事実を報告した。これは堆積有機物が地質時代を経て石油へ転換するという考え方を支持す
る有力な証拠となった。その後，COOPER et al. (1963) は n-アルカンの奇数炭素分子の優越性を CPI
(Carbon Preference Index) と呼称した。埋没深度の増大に伴って n-アルカンの組成パターンが現世型
から原油型へ変化する様子を基礎試錐「浜勇知」の例で第1図に示す。浅い深度では n-C_{27} と n-C_{29} が
ほぼ等量で，ノコギリ刃状の頂点を形成している。この形状が深度と共に変化し，ノコギリ刃状がなめら
かになってくると同時にヒストグラムのモードが低分子量の方へ移る。この現世型から原油型への変換プ
ロセスについてはいまだ充分に解明されていないが，最も有力視されるのが，埋没深度の増大に伴なう温

* Protopetroleum, ENGLER (1909) により呼称されたもので，根源有機物から石油への転換におけ
る中間物質であり，オレフィンに富む液体であるとしている。また，BROOKS (1934) はアスファ
ルトに近いものであろうと述べている。現実には有機酸を含む原油は稀れに見られるが，プロトペ
トロリウムらしきものは発見されていない。



第１図　埋没深度の増大にともなう n-アルカンヒストグラムの変化，基礎試錐「浜勇知」(浅川，1975)

度上昇によりケロジェンから新しく CPI≒1の n-アルカンが生成され，付加されることにより，当初の奇数卓越の性格が徐々に消滅してゆくとする考え方である。最近の石渡 (1976) によるケロジェンの熱分解実験では，分解当初生成される n-アルカンは偶数分子が卓越し，分解を続けてゆくに従い奇偶同量に近づいてゆくことが明らかにされている。もしこの現象が自然界においても起きていたとすれば CPI≒1のものが付加されるより早く全体を1に近づける結果となろう。またヒストグラムのモードが低分子量へ移行するのは熱分解による軽質化とケロジェンから放出される n-アルカンが熟成の進行と共に軽質分の割合が増大することに起因している。

CPI の研究とともに三大研究として並び称され，その後の石油成因研究に大きい影響を及ぼしたのが PHILIPPI (1965) と TISSOT et al. (1971) の研究である。PHILIPPI は Los Angels 盆地と Ventura 盆地についての地球化学的研究で n-アルカン，ナフテン環数および炭化水素/有機炭素比が熟成型へ変化する深度が両盆地において異なるけれども，その変換点における地層温度は同じで，ともに115°C であることを報告した。すなわち，Los Angels 盆地では熟成ゾーンに入るのが約8,000フィート (2,400m) で，地温勾配は3.91°C/100m あり，一方の Ventura 盆地では約12,000フィート (3,600m) で熟成ゾーンに入るが，地温勾配が低く2.66°C/100m である。これは石油生成が温度に強く支配されていること，およびかなり深い深度で起っていることで多くの注目を集め，続成作用後期成因説の有力な証拠となった。

TISSOT et al. の研究は PHILIPPI の研究を更に体系的に実施したもので，パリ盆地の全域に発達するジュラ紀の均質な頁岩層について，いろいろな埋没深度から得られた坑井コア試料を用いて詳細な有機地球化学的研究を実施したものである。それによると埋没深度が約1,500m に達するとケロジェン含有量が減少し始め，それにつれて炭化水素の増大がみられることが明らかになった。これはケロジェンの一部が炭化水素へ変化したことを示す直接的な証拠であり，またこの変換点はいろいろな有機物の質的変換点でもあった。たとえば CPI が原油と同じ1に近づき，プリスタン/n-C_{17} 比およびフィタン/n-C_{18} 比が増大して1より大きくなり，またナフテン環数の減少，芳香族炭化水素の低分子化などが認められた。

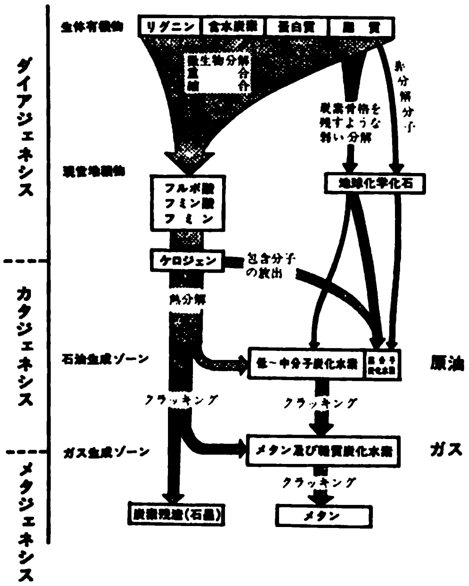
以上のように堆積岩中で炭化水素が急に増大し始める深度および CPI が原油と同じ値になる深度は，かなりの地層埋没が必要であることが明らかにされた。また，この深度では石油根源物質としてケロジェン以外に求めることができないことに加えて室内における加熱と水素添加により石油と同質の炭化水素が生成されることなどからケロジェン根源説が広く受け入れられるようになった。実際の探鉱活動でこの仮説が有効に活用され，矛盾なく石油の分布が説明できるケースが多くなるとともに益々有力な説として定着した。

4. 堆積有機物の続成変化

海とか湖で棲息としていた生物の遺骸や，河川や風によって海とか湖へ運び込まれた生物の遺骸は細粒堆積物にとり込まれて沈積する。これらの有機物はその時点でさまざまな反応を受ける。あるものは底棲虫の餌になり，高いエネルギー準位にある酸化環境では風化作用と好気性バクテリアにより気体となって

逸散してしまうか，可溶性の有機物となって水中へ拡散してしまう。しかし，還元的堆積環境では激しい分解は起らず，嫌気性バクテリアによる微弱な反応を受けるに留まり，したがって有機物に富んだ堆積物となる。このような堆積物は将来石油根源岩として有効に働く可能性を有している。堆積有機物は埋没深度の増大に伴う温度の上昇及び時間の経過とともに進化し，ある時期，石油炭化水素，二酸化炭素，水などを多量に生成すると同時に，環化，高分子化が進み最終的に石墨へ到る。石油地質学的立場からみた堆積有機物の進化プロセスと石油起源との関係について，現在最も広く受け入れられている考え方を TISSOT & WELTE (1978)に従って述べる(第2図)。堆積物の進化段階は近年，ダイアジェネシス，カタジェネシス及び変成作用の三つに分ける研究者が多くなっている。石油地質学に関係する変成作用のごく初期段階を，ここでは特にメタジェネシスと呼んでいる。石油起源のルートとして二つが考えられる。一つはケロジェン起源であり，一つは生体に含まれていた炭化水素およびごく微弱な反応で炭化水素に転換するような物質から導かれた炭化水素である。

まず，ダイアジェネシスの初期では，沈積直後に生体高分子である含水炭素，蛋白質，脂質，リグニンなどは微生物分解，加水分解および再合成によりフルボ酸，フミン酸，フミンなどのフミン質物質と糖類，アミノ酸，脂肪酸，フェノールなどの単量体に変化する。ダイアジェネシスの後期にはこれらの有機物は環化，重縮合化，脱アミノ化，還元などの作用により有機溶媒，アルカリ溶液に不溶性のジオポリマーと呼ばれる複雑な構造の高分子化合物に変化する。すなわち，ケロジェンが生成される。



第2図　有機物の進化と石油生成 (TISSOT & WELTE, 1978)

カタジェネシスの段階では熱作用により比較的激しい反応により，ケロジェンから最初に石油を，やや遅れて湿式ガスおよびガスコンデンセートが生成される。これらは共に多量のメタンガスを伴っている。カタジェネシスの最終段階ではケロジェンの脂肪族側鎖はほぼ完全に消失し，石炭ランクで言えば無煙炭の入口までさしかかっている。

最後のメタジェネシスの段階では温度，圧力は更に上昇し，加えて堆積物はマグマとか熱水の影響を強く受けるようになる。この段階ではケロジェンの炭化が更に進んで，最終的に石墨へ，一方で石油はガス化し，更にメタンへと分解が進む。

5. 石油生成に及ぼす温度，時間および圧力の影響

石油生成は根源層中のケロジェンの化学反応によると考えられるので，当然温度，時間，圧力の影響を受ける。しかし，圧力の影響について TEICHMÜLLER (1966, 1968) は有機物の体積とか水分の減少をもたらすことによりその進化を促進する働きがあるが，温度と時間の影響に比較すれば無視できる程小さいと述べている。また，GUTJAR (1966) による堆積岩中の花粉化石を用いた室内実験で，熟成進化に及ぼす圧力の影響はほとんど認められていない。しかし，進化に伴って発生する揮発性成分が系内にとじ込められて分圧を上昇させるような意味での圧力要因は，逆に負の要因として働くことは充分考えられることである。

ケロジェンの熱分解により炭化水素を発生する反応は一次反応であると言われている (TISSOT, 1969)。

いま，堆積岩中の反応に与かるケロジェンの初期濃度を n_0，t 時間後の濃度を n，k を反応速度定数とすれば，

$$-\frac{dn}{dt}=kn \qquad (1)$$

となり，積分すると，

$$\ln\frac{n_0}{n}=kt \qquad (2)$$

となる。また，この反応が ARRHENIUS の一次反応式に従うとすれば，

$$k=A\ \exp\left[-\frac{Ea}{RT}\right] \qquad (3)$$

である。ここで，Aは頻度因子，Ea は活性化エネルギー，R は気体定数，Tは絶対温度である。(3) 式を（2）式へ代入し，n_0/n を一定とすれば

$$\ln\ t=\frac{E}{R}\cdot\frac{1}{T}+C \qquad (4)$$

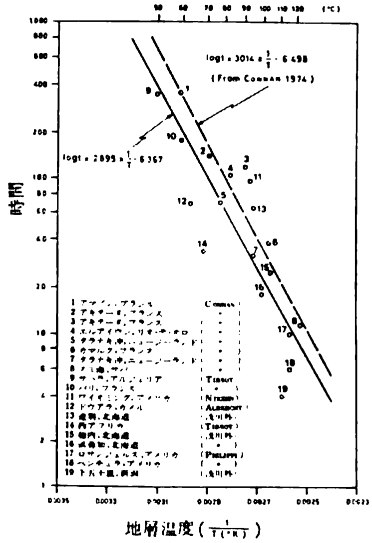
を得る。ここで，Cは定数である。すなわち，ln t と 1/T との間に直線関係が成り立つ。

石油が急速に生成し始める深度の地層温度と地質年代との関係について，油田地帯の坑井データに基づく実例を紹介する。この場合，現在の地層温度が地質時代を通じて最高を示していることおよび地温勾配の変化がなかったことが条件となる。CONNAN (1974) によって求められたもの，その他の文献上で得られたものおよび筆者らの分析結果をまとめてプロットすると第3図の如くになる。CONNAN は自己の分析データのみから次の関係式を導いている。

$$\log\ t=3014\times\frac{1}{T}-6.498 \qquad (5)$$

筆者らが CONNANの分析データを含めて，第3図にプロットしたすべてのデータから最小二乗法により求めると，次の関係式が得られた。

$$\log\ t=2895\times\frac{1}{T}-6.367 \qquad (6)$$

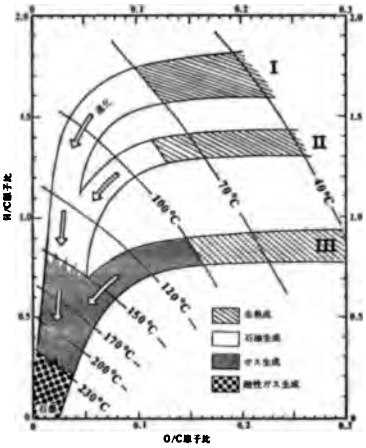


第3図　石油生成開始の温度と時間の関係

CONNAN の場合における見掛けの活性化エネルギーは 13.79 kcal/mole であり，筆者の場合は13.25 kcal/mole である。これらの値は GALWAY (1969) によるピートからベンゼンを生成する際の値，24.00 kcal/mole に比較すると，やや低いように感じられるが，粘土鉱物による触媒効果とか有機物の種類によって異なるので一概に低く過ぎるとは言えない。第3図から明らかなように地質年代が若い場合にはその分だけ高い温度を必要とし，逆に古い年代のものは低い温度で石油生成が始っていると言える。

石油生成の温度範囲は時間の外に，ケロジェンの種類によっても異なることは充分に考えられる。ケロジェンのタイプ分類は顕微観察の外に，第4図に示す VAN KREVELEN プロット (1961) がしばしば用いられる。この座標は，元来石炭の分類に用いられたものであるが，ケロジェンの分類にも有効である。TISSOT et al. (1974) によれば，ケロジェンはこの座標上で大きく三つのタイプに分けられる。すなわち，腐泥型（I），エクジナイト型（II）および腐植型（III）である。腐植型はほぼ“coal band”に相当し，したがって長い脂肪族側鎖を持たないため，石油生成能力はほとんどなく，むしろガスの根源物質

である。ケロジェンタイプ毎の石油生成温度範囲を考察した報告は極めて少なく，未だ充分に解明されていない。第4図には数少い例の一つである PUSEY (1977) の報告を紹介する。この図は，ほぼ一億年（白亜紀層）経過した地層についての石油生成範囲を示すもので，腐泥質型の場合で，70～150°C が石油生成範囲である。第3図における筆者らの求めた関係でも一億年における温度はほぼ70°C であり，よい一致を示している。エクジナイト型では，より高い温度が必要であり，更に腐植型からガスが生成され始めるのは 100°C である。もし，これが正しいとすれば石油，天然ガスの探鉱において，充分に考慮を要する事項であると言えよう。



第4図　ケロジェンタイプと石油，ガス生成温度の関係，絶対年代が約1億年の場合(PUSEY, 1977)

6. おわりに

圧倒的な支持を得ているケロジェン根源説を中心に述べてきたが，肝心のケロジェンそのものの性質，化学構造などは未だ充分に解明されていない。これは有機溶媒にもアルカリ溶液にも不溶であることが，その解明を決定的に困難にしている。ケロジェン根源説はあくまで情況証拠から支持を得ている。続成作用初期成因説すなわちプロトペトロリウム説もわが国の油田地帯に適用した場合，ケロジェン説よりも有利なケースが少なからずある。また，フミン質物質は堆積後比較的早い時期にケロジェンへ転換すると一般に言われているが，筆者らの調査では3,000m の深度に達してもなお，無視できない量のフミン質物質を含んでいる堆積岩もある。これらが石油の起源と関係するのか否かの問題も未解決である。今後の研究は，化学的側面としてケロジェンそのものの性質を明らかにしてゆくと同時に，地質学的側面として原油と根源岩の対比を通じてケロジェン根源説の直接的証拠を得る方向へ進むべきであろう。

引用文献

ABELSON, P. H. (1963) : Organic geochemistry and the formation of petroleum. 6th World Petroleum Cong. Proc. Frankfurt, Sect I, pp. 397-407.

ALBRECHT, P. and G. OURISSON (1969) : Diagenese des hydrocarbures satures dans une serie sedimentaire epaisse (Douala, Cameroun). Geoch. Cosmoch. Acta, Vol. 33, pp. 138-142.

浅川　忠 (1975) : 日本の油田地帯におけるノルマルアルカンと石油熟成の関係. 石技誌, Vol. 40, pp. 117-126.

ASAKAWA, T. and Y. FUJITA (1976) : Organic metamorphism and hydrocarbon generation in sedimentary basins of Japan. C.C.O.P. Tech. Publ. Series, *6*, pp. 142-162.

CONNAN, J. (1974) : Time-temperature relation in oil genesis. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 58, pp. 2516-2521.

COOPER, J. E. and E. E. BRAY (1963) : A postulated role of fatty acids in petroleum formation. Geoch. Cosmoch. Acta, Vol. 27, pp. 1113-1127.

ENGLER, C. and H. HOFER (1909) : Entstehung des Erdöles. Erdöles, Vol. 2, pp. 59-146.

GALWEY, A. K. (1969) : Heterogeneous reaction in petroleum genesis and maturation. Nature, Vol. 223, pp. 1257-1260.

GUTJAR, C. C. M. (1966) : Carbonization of pollen grains and spores and their application. Leidse Geologische Mededlingen, Vol. 38, pp. 1-30.

石渡良志 (1976) : 石油成因論の新局面. 化学の領域, Vol. 30, *1*. pp. 5-17.

KREVELEN, D. van (1961) : Coal. Elsevier-Amsterdam.

NIXXON, R. P. (1973) : Oil source beds in Cretaceous Mowry shale of northwestern interior

United States. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 57, pp. 136-161.

PHILIPPI, G. T. (1965) : On the depth, time and mechanism of petroleum generation. Geoch. Cosmoch. Acta, Vol. 29, pp. 1021-1049.

PUSEY III, C. W. (1977) : The liquid window concept and its application to generation and maturation of hydrocarbons. C. C. O. P./A. S. C. O. P. E. seminar on hydrocarbon generation and maturation in sedimentary basins, held in Manila, Republic of the Philippines.

RILEY, G. A. (1944) : The carbon metabolism and photosynthetic efficiency of the earth as a whole, Am. Scientist, Vol. 32, *2*, pp. 134-141.

STEVENS, N. P., E. E. BRAY and E. D. EVANS (1956) : Hydrocarbons in sediments of Gulf of Mexico. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 40, *5*, pp. 975-983.

高橋純一 (1922) : 石油鉱床新論. 丸善書店.

田口一雄 (1975) : 最近の石油成因説. 石技誌, Vol. 40, pp. 8-23.

TEICHMÜLLER, M. and R. TEICHMÜLLER (1966) : Inkohlungsuntersuchungen im Dienst der angewandten geologie. Freiberger Forsch.-H, Vol. C 210, pp. 155-195.

TISSOT, B. (1969) : Premieres donnees sur les mecanismes et la cinetique de la formation du petrole dans les sediments simulation dun schema reactionnel sur ordinateur. Revue de L'institute Francais du Petrole, Vol. 24, *4*, pp. 470-501.

TISSOT, B., Y. CALIFET-DEBYER, G. DEROO and J. L. OUDIN (1971) : Origin and evolution of hydrocarbons in Early Toarcian shale, Paris basin, France. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 55, pp. 2177-2193.

TISSOT, B., J. ESPITALIE and A. COMBAZ (1974) : Influence of the nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 58, pp. 499-506.

TISSOT, B. G. DEROO and J. ESPITALIE (1975) : Etude compree de l'epoque de formation et d'expulsion du petrole dans diverses provinces geologiques. Proc. 9 th World Petroleum Cong., Tokyo. London : Applied Sience Publ., Vol. II, pp. 159-169.

TISSOT, B. and D. H. WELTE (1978) : Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag.

(1979年10月16日受理)

地学雑誌 88, 6 (1979)

石油の移動と集積

相 場 惇 一*

Migration and Accumulation of Oil and Gas

Junichi AIBA

Abstract

Primary and secondary migration of hydrocarbon are generally recognised among petroleum geologists. The former is defined as an expulsion of hydrocarbon from source to reservoir rocks although its concept is rather complicated in conjunction with petroleum genesis. The latter is the movement of hydrocarbon within reservoir rocks.

On hydrocarbon genesis, opinion seem to have recently converged to the diagenetic theory. As the depth range of petroleum genesis is relatively long, some geologists favor early diagenetic stage of primary migration and the others emphasize late diagenetic stage. Therefore, the mechanisms for primary migration should guite differ between the two ideas, because rock properties considerably vary with depths. In this point of view, the theory of primary migration is not said to be established yet.

The author has studied on the timing of primary hydrocarbon migration in the Japanese oil-bearing Neogene system mainly from the geohistorical aspect, and arrived at the conclusion that its principal timing is during the early mature stage, that is to say, within mature range of 0.5 to 0.7% in vitrinite reflectance Ro, and also that hydrocarbon generated in the late diagenetic stage is not able to migrate any more.

Porosity of muddy sediments during primary migration is estimated to be from 15 to 25%, and media with which hydrocarbon migrates is pore water then exulsed from muddy sediments by compaction.

Although many oil fields are often said to be well explained when assuming late diagenetic stage migration, it is noteworthy many writers recently intends to explain the formation of these oil fields in a light of the theory of early stage migration. Why the timing of primary migration should be seriously discussed is due to not only academic interest but also its technological and economical influence to practical exploration procedures.

On the contrary to the complicated problems on primary migration, secondary one has been a well difined physical process which is quantitatively dealt with through experiments in laboratories. Its main force is bouyancy, and resistant force for secondary migration is capillary pressure. These are relatively easily calculated using simple equations immediately after obtaining unknown physical qauntities related to the equations.

A better understanding of principles of bouyancy and capillary pressure on secon-

* 帝石大陸棚開発(株) Teiseki Continental Shelf Development Co.

dary migration will lead to the effective development of oil fields, and particulary to the discovery of unusual accumulations such as permeability traps.

1. まえがき

石油は，地層の埋没に伴う地温上昇による熱分解反応で，堆積岩中の有機物から生成されるという続成作用成因説が，最近の定説のようである（田口1975，浅川1979）。そしてこれらの有機物を含んだ細粒堆積物を石油の根源岩と呼んでいるが，一般に石油鉱床と呼ばれている石油の集積している場所は，砂岩などのように孔隙をもった貯溜岩の中での特定の場所である。すなわち石油は最初に頁岩などの中で生成されるが，ここではかなり分散した形である。石油鉱床が形成される為には，これら頁岩層内で生成された石油の一部が貯溜岩に排出されることになるが，これを石油の第一次移動と言う。次に貯溜岩の中に入った石油は，その移動のポテンシャルに応じて第二次移動を行い，その中の特定の場所に濃集される。これを石油の集積と言う。集積した石油は地殻変動により再移動したり，外部からの影響により変質したり，あるいは大気圏に全く逸散し去ることもある。現在見られる石油鉱床は，このように地史的に移動・集積を繰返した結果の姿態であり，これが流体鉱物鉱床の大きな特徴である。従って流体鉱物の探鉱には，石炭や金属などよりも一段と広範な地球科学的方法が要求される。

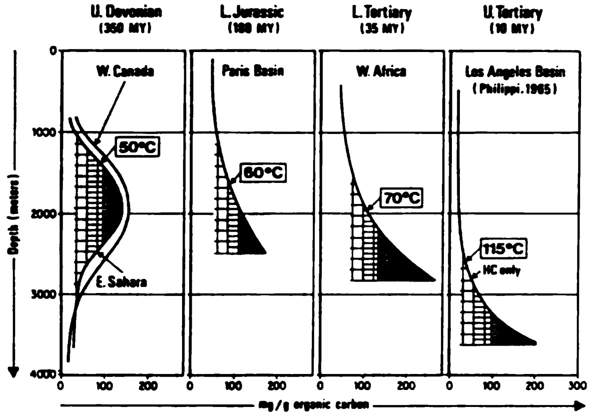
さて石油の生成・移動論について，最近になって漸く大筋としては一致して来ているが，細部になると未知の点も多く，例えば第一次移動については決定的な結論は得られていない。すなわち第一次移動の時期（石油の生成時期でもあるが）が最も問題で，移動の機構ともからんで，未だ多くの説があり，専門家の間で一致を見ていない点である。またこの第一次移動の時期が重要なのは，それが石油の探鉱の基本に係わる問題で，換言すれば石油が地下の比較的浅所で生成され，早期に鉱床が形成されるのか，あるいは地下の深部で生成され，比較的後期に鉱床が形成されるのかによって，地殻内における鉱床の位置が大きく規制されるからである。この問題は古い時代から提起されながら，今もって完全には解決されていない今日的な命題である。

第二次移動は前者に較べると，物理学的，油層工学的によく知られた機構であり，実験などを通じて定量的に扱える問題である。これまで主として油田の開発段階にこの技術が適用され発展して来た。然し乍らこれらの原理を十分理解して，これを探鉱面に利用することによって特殊なタイプの油田の発見が注目されており，また探鉱の効率化を計ることが出来る。

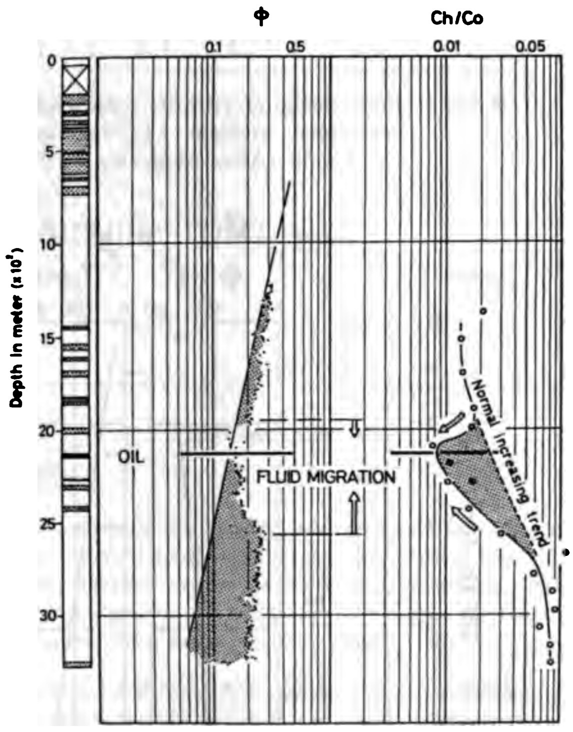
2. 地層の埋没と石油の生成

石油の成因説として，KIDWELL & HUNT (1958) の生物炭化水素起原説や，BROOKS (1936) および三上 (1964) の Protopetroleum 説のような，石油は地層埋没後比較的早期に生成されるという説があり，一時はかなりの信奉者を得た。

しかし乍ら一方において，石油は堆積岩中の有機物が，長い地質時間と熱分解によって石油に転化すると主張する多くの人達がいた。そして有機物の室内加熱実験や，多くの油田地域における地化学データが集積された結果，有機物を含んだ根源岩が埋没してある境界条件を越えると，抽出性炭化水素 ($>C_{15}$) が急増することが普遍的事実として認められるようになった（第1図）。これにより，石油は堆積岩中のケロジェンから，地層の埋没により熱分解によって生成される (PHILIPPI, 1965 ; LOUIS & TISSOT, 1967 ; ALBRECHT & QURISSON, 1969 ; TISSOT, 1971 ; WELTE, 1972 ; NIXXON, 1973) とし，これは続成作用後期成因説またはケロジェン根源説と呼ばれる。そして生成される炭化水素の量は，早期成因説に較べて桁違いに多いことから最近では多くの支持を受けるに至った。ただケロジェンの熱分解による炭化水素の生成は，温度が最大の因子であるが，時間も無視出来ない因子であり，第1図のように炭化水素の生成帯のレンヂは長い。したがって生成帯の上部と下部では岩石の物性に大きな差が出てくる。果して鉱床を



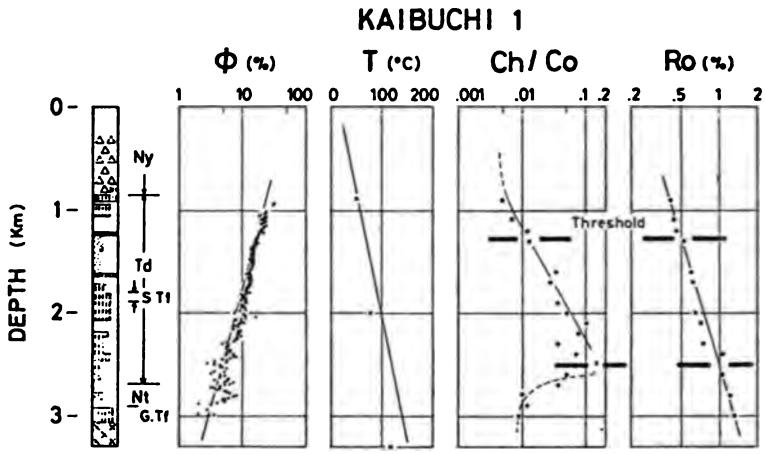
第 1 図　Compared depth and temperature of the beginning of the principal zone of oil formation in several source rocks of different ages (TISSOT et al., 1975)



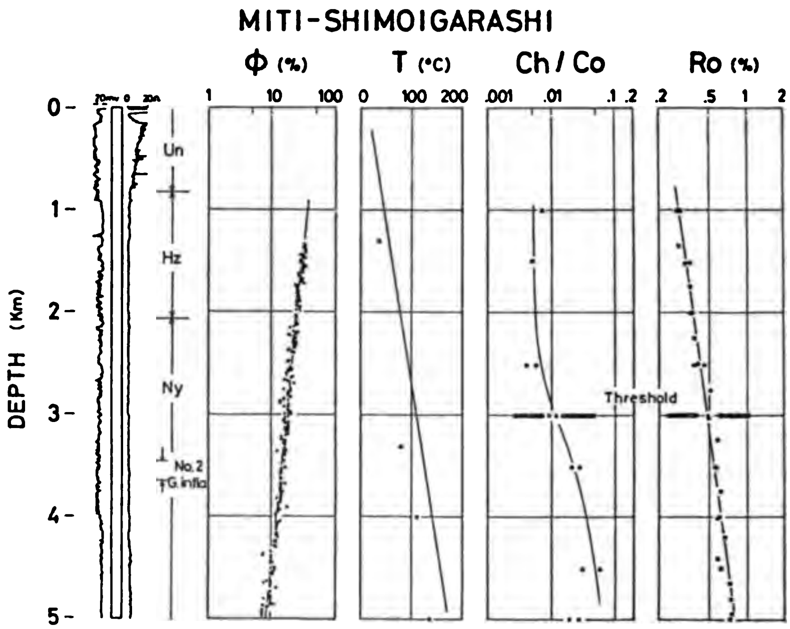
第 2 図　Variation of "ϕ" and "Ch/Co" with burial, in relation to primary oil migration, a well in Niger Delta, Nigeria.
ϕ: fractional shale porosity
Ch/Co: the ratio of carbon in hydrocarbons to total organic carbon in rock
(after FUJITA 1977)

し二つの盆地の地層の厚さが2,500 m であるとすると，後者では石油が生成されないことになる。また石油化作用には時間 (heating time) も大きな要素で，第１図のように地質年代によって，石油生成の始まる温度に大きな差が生ずる。

日本の例では第３図に示すように中新統で75°C，鮮新統で115°C である。



第３図 a Relationship of vitrinite reflectance (Ro), hydrocarbonization (Ch/Co), geothermal gradient (T) and mudstone-porosity (ϕ) in Kaibuchi No. 1 well. (After ASAKAWA & FUJITA, 1979)



b Relationship of Ro, Ch/Co, T and ϕ in MITI-Shimoigarashi well. (After ASAKAWA and FUJITA, 1979)

温度の上昇はまた堆積層に対して，他の物理的化学的な因子に応じて，自生鉱物の生成，鉱物の転換などの作用をなし，堆積岩の続成作用に対する重要な要因である。

1.2 泥質岩の圧密

一般に海底に堆積したばかりの泥質岩の孔隙率は80%にも達するが，堆積作用の進行に伴って埋没し，地下深部に行くに従って温度・圧力の増加によって種々の変化を受ける。すなわち続成作用である圧密と鉱物の再結晶で孔隙率は最終的に0に近づく。

星野・井波 (1977)，青柳・浅川 (1977) は泥質岩の圧密には，その岩石物性からして三つの段階に分けられるとした。

①第1段階（初期粘性圧密段階）ϕ（孔隙率）80～30%：物理的には粘性体の性格，圧密により間隙水を多量に排出するとともに吸着水も徐々に出す。孔隙率に影響を興えるような鉱物の転換はない。

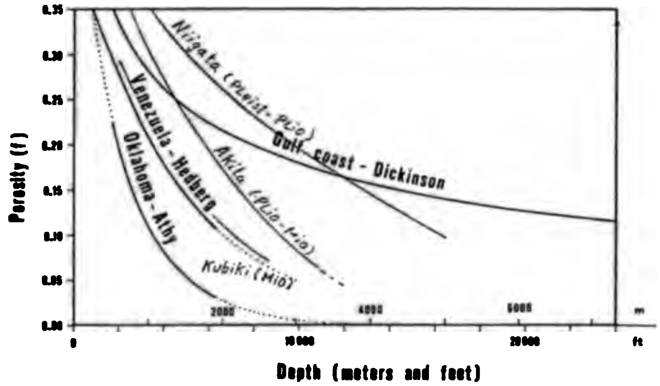
②第2段階（後期塑性圧密段階）ϕ 30～10%：塑性固体としての性質，岩圧による圧密作用もまだ大きいが，自生鉱物による孔隙のセメント作用及び鉱物の転換も重要である。従って間隙水，粘土鉱物の層間水，及び沸石の結晶水の一部が放出される。

③第3段階（再結晶弾性圧密段階）ϕ 10%以下：セメント作用（自生鉱物の晶出）と鉱物の転換が主で，埋没荷重圧による圧縮は見られない。ここでは層間水や結晶水が排出される。もっともこの段階では岩石の浸透性が殆んど失われるので，ここで生じた自由水はフィシャー，フラクチャーから系外に排出されるのであろう。

第4図に泥質岩の埋没深度と孔隙率の関係を示した。このように地層により差があるのは，堆積速度，物理化学的組成，地温，地質年代による。

1.3 圧力

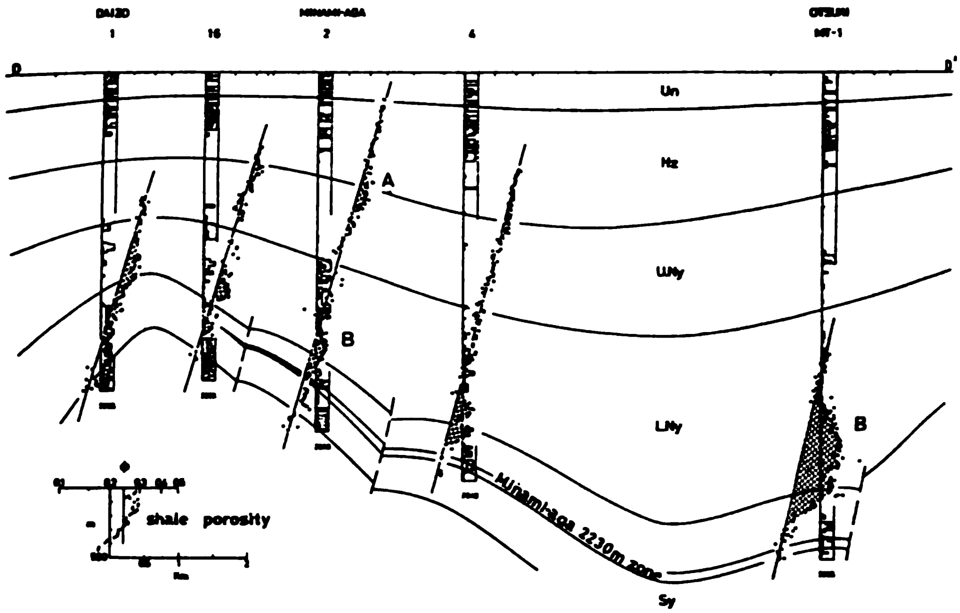
埋没深度の増加に伴い，岩石の荷重圧及び孔隙中の静水圧は上昇する。これらの圧力は石油の生成の為にはあまり作用していないといわれている。しかしながら圧力は石油の移動に関して，なかでも第一次移動，すなわち根源岩から貯溜岩への炭化水素の移動については重要な役割を果す。静水圧は普通埋没深度と相関するが，圧密に伴う異常高圧や，被圧地下水流による異常圧がある。泥質岩内における異常高圧は圧密水流の排出の効率が悪いために生ずるので，泥岩の密度が低く，したがって孔隙率は一般傾向より高く現われる。



$$f = \frac{\text{volume of pores}}{\text{volume total rock}}$$

第4図 Depth-porosity relationship as determined for samples from different basins: Tertiary sediments of the Gulf coast; Tertiary sediments of Eastern Venezuela; Paleozoic sediments of Oklahoma and neogene sediments of Japan. (Modified after LEVORSEN,1954)

第5図は日本の油田の泥岩孔隙率の深度プロットであるが，異常高圧層は地質年代が新しく，泥岩の厚い地域ではかなり普遍的に存在している。圧密水流は当然のことながら，高ポテンシャル部から低ポテンシャルへと三次元的に流れるので，異常高圧層の存在により圧密水流の方向が示され，そこが石油の生成層であれば，石油の第一次移動の方向を示す（第2図）。また異常高圧層は圧密水流が上方に排出されるの



第 5 図 Cross section (D—D′) across the Minamiaga oil field obliquely. Two porosity anomaly zones "A" and "B" are shaded. The B zone lies immediately above the 2230 m zone, and is better developed in Otsuki MT-1 well area. Oil is producing from Minamiaga 2230 m layer. Producing zone is shown in black. (after FUJITA 1977)

を阻止する barrire となり，炭化水素に対し一種の帽岩の役割もする（藤田1977)。

3.4 鉱物の自主と転換

堆積岩は埋没深度の増加とともに続成作用が進行し，それぞれある境界条件以下になると鉱物の新生や転換が起る。これを支配する条件は温度・圧力・反応時間などの物理的要素および間隙水の 化学的要素である。

日本の新第三系堆積岩に含まれる粘土鉱物のモンモリロナイトは，埋没して地温が90°C～100°C になると，層間水を放出し混合層鉱物に変換する。さらに120°C～130°C になると，混合層鉱物の層間水が殆んど失われてイライトが形成される。この転換温度に幅があるのは反応時間の長短による（青柳・浅川1977）(下山・飯島1977)。また堆積岩中に含まれる珪質火山ガラス片は，埋没続成の過程で 沸石化作用を受ける (IIJIMA, 1976)。すなわち火山ガラス $\xrightarrow{45^{\circ}C}$ 斜プチロル沸石 $\xrightarrow{87.5^{\circ}C}$ 方沸石・輝沸石 $\xrightarrow{122^{\circ}C}$ 濁沸石・曹長石の転換が起り結晶水が放出される。それぞれの沸石帯の形成は，本質的に温度と孔隙水の化学組成により規制され，圧力には影響されない。

堆積時の泥岩は，全体で80%もの水を含んでいるが，堆積荷重圧による圧密で急速に水を排出する。青柳・浅川 (1977) によると堆積当初の原始孔隙率を80%，残り20%を占める 粒子の半分 (10%) をモンモリロナイトと仮定すると，この時点での層間水は10%，間隙水は 70%である。圧密によって ϕ が30%になった時までに，堆積時の間隙水の93.5%，層間水の 60%を排出するという。又この時点で，$\phi=30\%$の内訳は14%が層間水，16%が間隙水である。この段階での地層の埋没深度は800～1,500 m で，地温も60°C以内で粘土鉱物の変化は見られない。更に圧密が進行し，ϕ が30%から10%までの状態では，堆積時における間隙水の4.8%，層間水の30%が排出され，$\phi=10\%$の内訳は4.5%が層間水，5.5%が間隙水に占められ

たがってこの段階で系外に排出された間隙水と層間水は等量である。またこの段階では地温も 100°C
,, モンモリロナイトは層間水の大部分を失って混合層鉱物を形成する。 勿論石油生成帯に入ってお
これらの水は石油を貯溜岩へと移動させるに充分であろう。孔隙率が10%以下の第3段階では，岩
化し間隙水の放出は殆んどなくなる。地温も110°C~120°C となり混合層鉱物の層間水が失われ，
トが形成される。又沸石類の転換による結晶水が放出される。ϕ=10%→5%の段階で放出される
の量は堆積時のそれの10%に相当する。一方この時の温度段階では生成された炭化水素がピークに
いる。POWERS (1967), BURST (1969) は，この炭化水素が鉱床を形成するものとし，移動の媒
れらの層間水，結晶水であるとした。

4. 第一次移動の時期

もと石油の成因と第一次移動は表裏一体のものであり，成因論と移動論はきり離して論ずることは
いし，両者は同時に合理的に説明されなければならない。河井 (1977 a, b) は第1表のように，石
因説と第一次移動，泥岩の続成段階を対比し，移動論の整理を行った。河井は先づ移動論を3段階
ることを提案し，その境界を，泥質岩の続成段階で大きく物性の変る孔隙率30%および10%にとっ
してそれぞれについて田口 (1975) の成因説と対応させた。ただ石油の生成帯と圧密段階は別個の

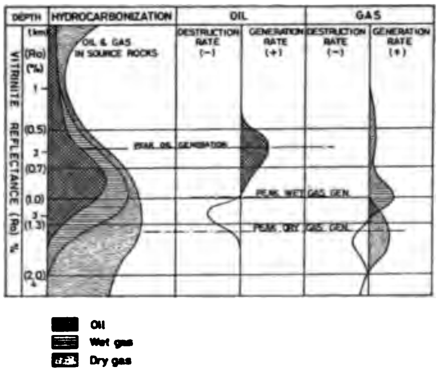
第1表 最近の石油成因説と移動説及び泥質岩圧密段階の関係

成 因 説	移 動 説		圧 密 段 階
田 口 (1975)	河 井 (1977b)	泥岩孔隙率	星野・井波(1977) 青柳・浅川(1977)
成作用初期成因説 otopetroleum 説)	続成作用初期移動説 (移動媒体は間隙水) cf. KIDWELL & HUNT, 1958 に相当	70 30	第 1 段 階
成作用後期成因説 erogen 根源説)	続成作用前期移動説 (移動媒体は間隙水)	30 10	第 2 段 階
	続成作用後期移動説 (移動媒体は層間水)	10 0	第 3 段 階

れ独立の事象であり，厳密に対比することは難しい。

続成作用初期移動説

はケロジェンの熱分解による本格的な石油生成点に達しない，生物体炭化水素起原説や protope-
m 説などの早期移動説がこれに当る。この説によれば構造形成の早い背斜やドーム構造が石油の集
利な訳で，早くから実際の探鉱に適用されて，それなりの評価を得ていた。しかしながら埋没後比
い時期を，例えば深度300 m とすると，その時の泥質岩の孔隙率は50%程度であり，後述するよう
を閉塞すべき帽岩能力がない。また protopetroleum が親水性といわれているので，それはなおさ
共に帽岩を通過し，貯溜岩中に集積して行く可能性は少ない。孔隙率が40%以下になると帽岩機能
に備わって来て，貯溜岩中に protopetroleum あるいは石油として保存される可能性を有するが，
素生成量が小量である所から，経済的鉱床を形成するに至らないと言うのが最近の定説である。し
の場所で生成された石油が，第二次移動により集積し鉱床を形成する可能性は残されている。



第6図 General scheme of hydrocarbon formation as a function of burial of the source rock.
Depths are correspond to an average on Late Miocene rocks. Vitrinite reflectance (Ro %) showing the stage of oil generation.

4.2 続成作用前期移動説

この説は泥質岩の圧密段階として孔隙率30%～10%の範囲をとり，ケロジェンの熱分解による石油の生成は当然開始されているが，石油化度はまだピークには到達していない範囲である。そして石油の第一次移動の媒体は間隙水が主要な役割を果すというものである。勿論石油の生成帯は，地温勾配により，また地質年代によって上下するので必ずしも圧密状態とは一致しない。第6図に模式的な石油生成帯と深度およびビトリナイトの反射率との関係を示した。ここでビトリナイトの反射率というのは，有機物（ケロジェン）の熟成度あるいは石油化作用を表わす指標である。一般に0.5% R_0 から石油生成帯が始まり，1.0% R_0 で生成された石油量は最大となり，以後熱分解してガス化するために急激に減じ，1.3% R_0 になると石油の量は激減する。

青柳・浅川（1977）は日本における泥質岩の孔隙率30～10%の段階は，既に石油が生成し始めていること，泥質岩の物性の研究から，この段階で石油を移動するに十分な間隙水と層間水が得られることを述べ，石油の第一次移動について続成作用前期移動説を唱えた。藤田（1977 a, b）は坑井資料の地化学分析から，石油の生成帯の上部に，しばしば石油化度の負の異常帯があることを発見し，これは石油の第一次移動を示唆する現象であると，この移動説を裏付けた。またMAGARA（1978）は，生成された石油量の積分値としての石油化度のピークを，石油の第一次移動の最盛期とする考え方に対し，石油生成率のピーク（第7図では0.6% R_0 附近）こそ移動の最盛期であることを提起した。これも続成作用前期移動説に相当するものである。

ところで実際の種々の油田における第一次移動の時期はどうなのか，これは地質学的研究方法からのアプローチであるが，地質現象は複雑で，その解明はなかなか難しい問題で，具体的な報告例は世界でも少い。相場（1977 a, 1977 b）はこのような地質学的研究を通じて，日本新第三系油田の初期移動の時期は，“鉱床形成のための石油の主移動時期は早期熟成帯（ビトリナイト反射率0.5% R_0～0.7% R_0）といわれる石油生成帯の前半であり，石油化度のピークではもはや石油の移動は行われていない。また石油の第一次移動時における泥質岩の孔隙率は大体25%～15%で，石油移動の主要媒体は泥岩の圧密による間隙水である”。と結論した。第7図は地層の埋没と石油の生成の関係，第8図は泥岩の孔隙率深度分布と石油生成帯及び石油の集積の関係を示した。

1960年代までは続成作用初期移動説が現場の探鉱地質家によって比較的支持されていた。しかしその後の地化学分野の進展と，油田のケーススタディからも，埋没がかなり進んでから石油が生成されることが明かにされ，1976年の石油技術協会のこの問題に対するシンポジウムでは，続成作用前期移動説が日本では大方の支持を受けるようになった。

4.3 続成作用後期移動説

この説は続成作用の第3段階（ϕ<10%）で，石油移動の媒体として，主として層間水及び結晶水を考えている。この段階になると一般に石油化度はピークに達し，生成された石油量が最も大きいことが観察されるので，この時期に主要な石油の第一次移動が行われるとの考え方である。この説は最近では，続成作用が進み泥質岩に滲透性がなくなること，先述したように石油の生成率はピークを越しており，POWERS（1967），BURST（1969）らの新説発表にもかかわらず石油の主要移動期とするには批判が多い。し

ノフイッシャーやフラクチャーが移動の径路
となるという説や，ガス・コンデンセートが石
移動の媒体となるなど外国の油田ではかなり
と持を受けている。

5. 第一次移動のメカニズム

根源岩の中で生成された石油は，どのような
カニズムで貯留岩に移動するのかは，第一次
動の時期が埋没のどの段階であるかということ
と深い関係をもつ。すなわち石油がどのよう
状態で輸送されるかは，その時の根源岩の孔
の大きさにより，また移動の媒体となる水の
によって，種々の形が考えられるのである。泥
岩は圧密の進行により，孔隙率が規則正しく
少するとともに，粒子間の間隙の径も又減少
る。WELTE (1972) によると第9図の様に
00 m の深度では孔隙の径が50～100 Å，3000
では20～30Å になるとしている。更に続成
用が進むと孔隙の径も 10 Å 内外となり，石
の分子の大きさに近づく。第2表に石油の分
の大きさを示したが，例えば石油の一種であ
アスファルテン (50Å) や複雑な環型化合物
～20Å) などは深い深度になると移動が困難
ことを示している。

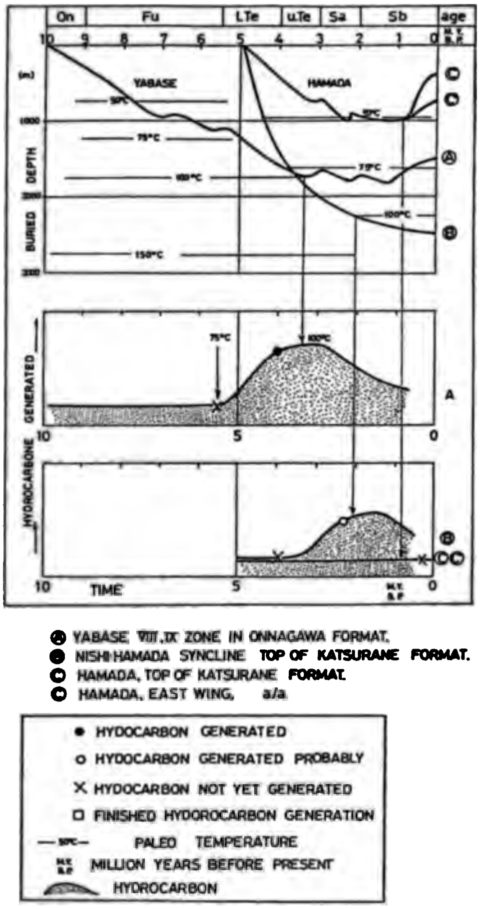
考えられる第一次移動の石油の状態として
連続した油相またはガス相，油滴又はガス
コロイド状，ミセル溶解，真の溶解，ガス
対する溶解などがある。

続成作用初期移動説では移動のメカニズム
豊富な間隙水とともに，コロイドフォー
あるいはミセル溶解で移動するとした（三
1960) が，ケロジェン起原の炭化水素の生成深度では，泥岩の粒子間の間隙が小さくなり（例えば50
コロイドやミセル (100～300Å) などでは移動が行われ難い。

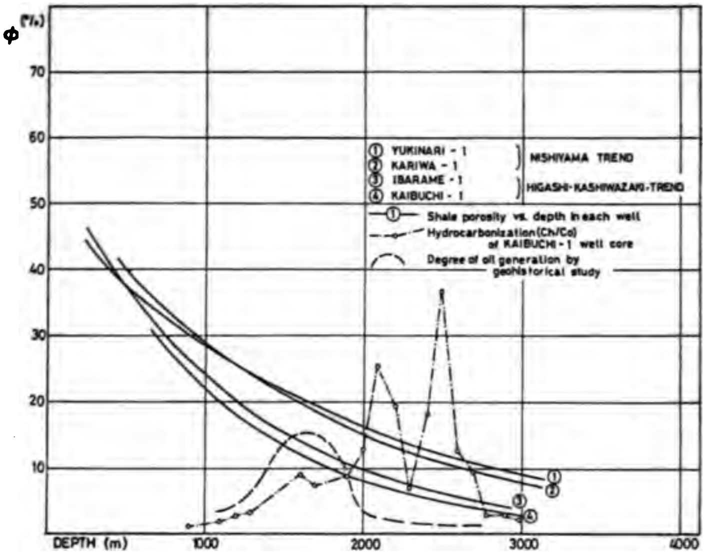
真の溶解による移動は，最も普通に考えられるケースであり，特に軽質の炭化水素の場合（例えば浅層
タンガス田のような)，あるいは高温の深い深度では有効であるように思われる。しかしながら水に対
溶解度，キャリヤーとしての水量を考慮すると，普遍的な鉱床形成の主たる石油移動のメカニズムに
り得ないとされている。(本島他1974, TISSOT & WELTE 1978)。

ここで最近最も支持されている続成作用前期移動説に従えば，石油の第一次移動のメカニズムは，連続
油相又はガス相として，泥質岩の圧密により排出される間隙水を媒体として移動するというものであ
この際泥岩粒子の狭い間隙にもかかわらず，圧密による間隙水の圧力ポテンシャルが，連続した油相
効果的に押し出すと考えられている (CHAMPMAN 1972, MAGARA 1978)。

最近炭酸塩岩質根源岩からの石油の第一次移動や，深度が深く緻密が滲透性のない泥質根源岩からの第



第7図 Relations between burial history of source rocks and generation of hydrocarbons as function of geological time and paleotemperature.

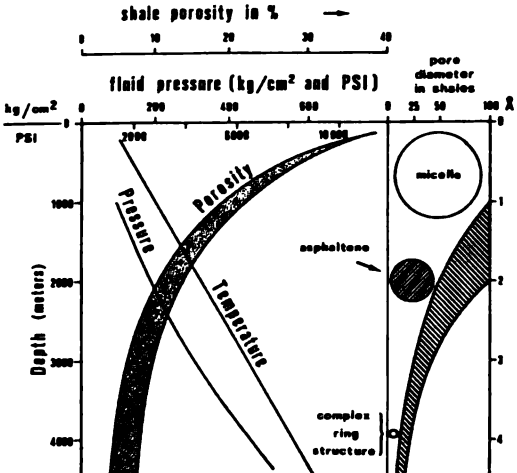


第 8 図 Relations between normal compaction trends of argillaceous sediment and hydrocarbon generations in Nishiyama field and Chuo oil belt, Niigata.

一次移動について，層間水などの水の媒体なしに石油の移動が可能であるとの説が出され(TISSOT & WELTE 1978)，続成作用後期移動説に新しい論拠を与えている。それは，石油の第一次移動の主要なメカニズムは，石油は油相，又はガス相として，根源岩内のマイクロフラクチャーを通り，pressure drive により移動する。すなわちポリマーケロジェンから低分子量の炭化水素が発生すると，容積が増加し，根源岩内部に高圧部が生ずる。この根源岩が不滲透性の場合には，マイクロフラクチャーが形成され，やがて圧力が開放されると，これを通じて石油及びガスが移動する。根源岩内でこのようなプロセスが繰返し行われて石油は貯溜岩に達するというもので，外国の幾つかの油田はこの説によって説明出来るとしている。

この他 NEGLIA (1979) のように石油は深部で生成された高圧ガスに溶解し，断層やフラクチャーなど選択的な通路を通って浅部に到達し，減圧により一部液化してそこに残り，ガスは更に上方移動するという考え方である。

結局石油の一次移動および鉱床の形成には，特殊な油田例を挙げると，幾つかのケースがあり得るが，普遍的な油田のための移動説はやはりある定説と言うものがある筈で，日本においては続成作用前期移動説が中心となっている。



第 9 図 Interrelationship of various physical parameters with increasing depth of burial for shale-type sediments (after WELTE 1972)

6. 第二次移動

貯溜岩内における炭化水素の移動を第二次移動という。第二次移動は第一次移動に引続いて行われ，そのメカニズムはよく知られている物理学法則に支配されており，定量的に扱うことが出来る。炭化水素の二次移動の主要な駆動力は浮力である。油滴

第2表 Approximate, effective molecular diameters of selected petroleum compounds and some reference molecules in Å

Molecule	Effective diameter in Å	Molecule	Effective diameter in Å
	2.0	CH_4	3.8
	2.3	benzene	4.7
	2.9	*n*-alkanes	4.8
	3.2	cyclo-hexane	5.4
	3.3	complex ring structures	10– 30
	3.4	asphaltene molecules	50–100

10^{-9} m=10Å (after WELTE 1972)

ある程度の mass になったとき炭化水素相には浮力が働き，その浮力の大きさは地下における炭化水素相と水相の比重が判っておれば，炭化水素相のコラムの高さによって決まる。一般に地下における石油の比重は0.5～1.0gr/cc，水は1.0～1.2gr/cc である。

地層内に圧力ポテンシャルの勾配があれば動水力学的状態となり，石油の移動には浮力と共に水力流が加わる。水力流には被圧地下水流と圧密水力流などがある。

炭化水素の第二次移動に対する主要な抵抗力は毛細管圧である。この抵抗力を決定する要素は，岩石の孔隙間通路の半径であり，炭化水素と水相間の界面張力および wettability（濡れ性—固体の表面を濡らす傾向の度合）である。孔隙連絡路が円筒形の場合には次の様な簡単な式がある。

$Pd = 2r\cos\theta/R$（第10図）

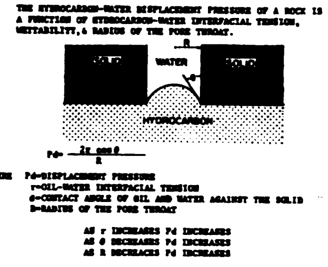
Pd： dynes/cm²，炭化水素—水の置換圧（すなわち抵抗力）

r： dynes/cm，油—水の界面張力

Cosθ： Wettability（θ は固体に対する油—水界面の接触角）

R： cm，最も大きい孔隙連絡路の半径，

地下状態における油—水系の界面張力は5～35 dynes/cm，水素では70～30 dynes/cm の範囲である。Wettability につ炭化水素相が移動中に接触する岩石の粒子は水で濡れていられる。そこで θ=0°（最も水濡れ性）とみて，cos θ=1 ている。R については，コアまたはカッテングスを用い細管法の測定結果から換算出来る。



第10図 Resistant forces in secondary hydrocarbon migration (after PURCELL, 1949, SCHOWALTER, 1979)

内の石油の二次移動は以上の様な物理法則に基いて行われ，特定の場所に集積して終る。すなわポテンシャルと抵抗力が平衡して，そこに鉱床を形成する。したがってこれらの原理を十分理解の油層流体，貯溜岩の性質を量的に把握することにより，新鉱床の発見や，探鉱の質的向上に貢とが出来る。(SCHOWALTER 1979)

7. 石油の移動の距離

一次移動の距離は，pressure drive 説を唱える TISSOT & WELTE (1978) のように，数 m m のオーダーであろうという説や，断層やフィッシャーを通じてかなりの垂直距離を移動する (1979) という説がある。真柄 (1966) は長岡堆積盆を研究し，炭化水素が200～300m も下方移能性を示した。また藤田 (1977 a, b) は地層中の Porosity anomaly の存在から，第一次移動の

NIXXON, R. P. (1973) : Oil source beds in Cretaceous Mowry shale of north western interior United States. Bull. A. A. P.G. Vol. 57, *1*, p. 136-161.

POWERS, M. C. (1967) : Fluid release mechanism in compacting marine mud rocks and importance in oil exploration.Bull. A. A. P. G. Vol. 51, *7*, p. 1240-1254.

PHILIPPI, G. T. (1957) : Identification of oil source beds by chemical means. 20 th International Geol. Congress, Mexico. Sec. 3, p. 25-38.

——(1965) : On the depth, time and mechanism of petroleum generation. Geochem et Cosmochem. Acta Vol. 29, 1021-1049.

SCHOWALTER, Tim, T. (1979) : Mechanics of secondary hydrocarbon migration and entrapment. Bull. A. A. P. G. Vol. 63, *5*, p. 723-760.

SMITH, Jr P. V. (1954) : Studies on origin of petroleum : occurrence of hydrocarbons in Recent sediment, Bull. A. A. P. G. Vol. 38, p. 377-404.

田口一雄 (1975) : 最近の石油成因説——続成作用後期成因説の再擡頭——石技誌, Vol. 40, *1*, p. 8-23.

TISSOT, B., CALIFET-DEBYSER, Y., DEROO, G. and Oudim, J. L. (1974) : Origin and evolution of hydrocarbons in early Toarcian shales, Paris, basin, France Bull. A. A. P. G., Vol. 55, *12*, p. 2177-2193.

——, DEROO, G. ECPITELIÉ, J., (1975) : Etude comparee de léspoque de formation et d'expulsion du petrole dans diverses provinces geologiques, Ninth World Petro. Congress., P. D 3 Proceedings Vol. 2, p. 159-169.

——, WELTE, D. H. (1978) : Petroleum formation and occurrence.—A new approach to oil and gas exploration, p. 181-201.

WELTE, D. H. (1972) : Petroleum exploration and organic geochemistry, Jour. Geochem. Exploration, p. 117-136.

(1979年10月16日受理)

地学雑誌 88, 6 (1979)

石油開発の現状と将来

加 藤 正 和*

Petroleum Exploration Activities, Present and Future; A Review

Masakazu KATO

stract

Worldwide petroleum exploration and development activities are moderatly active. Crude oil reserves in the Middle East occupy more than half of world reserves and role for world petroleum supply is very important in short and middle terms. How-r, undiscovered petroleum potential in this area is limited, because so much explora-n works had been done and many giant fields were already discovered there. Mexican roleum potential is very big, however future petroleum supply from Mexico is not ar at the present exploration stage in this country. Russia has some shortages in the ds of technology and infra-stracture, therefore it will be not expected that produc-n to raise considerably in future even though the petroleum potential in this coun- is very huge. Many international oil companies are participating into Chinese off-re petroleum exploration activity.

It is general anxious that the petroleum supply worldwide would not be enough for reasing demand in near future. Therefore, the exploration activities in the frontier as are essential for the human living. The frontier areas include remote areas on-re, deep waters, arctics and antarctics. Amounts of petroleum distributing in these as are expected to be immense even though the exploration cost is thought to be ex-sive.

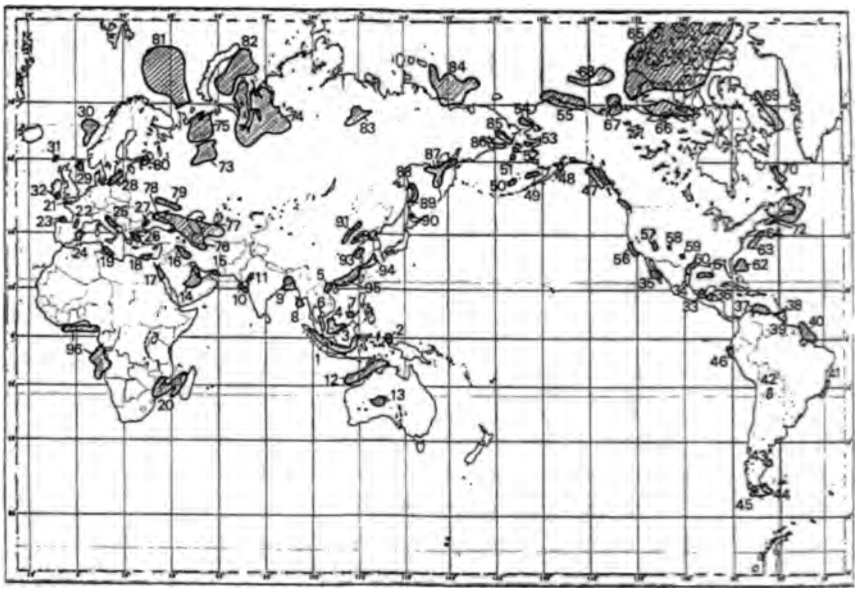
Recovery efficiency from oil reservoirs is generally low, therefore the techniques to rease the recovery are progressevely advancing. The enhanced oil recovery techniques lude thermal flooding, carbon dioxide flooding and surfactant/polymer flooding. They the promising future under the circumstances of raising oil prices worldwide.

つ探鉱，開発作業は新地域においても，又すでに石油賦存の有望性があるていど確認された地域にも，世界的に広く実施されつつある。しかし今後増加する石油の需要に見合うだけの供給を確保すには，新しいフロンティア（僻地，極地，深海）地域における探鉱の成果が最大の関心事である。おいては，現在探鉱が進められている地域の状況を概観するとともに，今後の動向についての簡単を行う（第1図）。

アジアおよびオーストラリア

ドネシア，マレーシア，ブルネイ等東南アジアの石油ポテンシャルが高いことは昔から広く知られ通りである。しかし現在の産油地域は，東南アジアの陸上および広大な大陸棚のごく一部にしかす　　域が未探鉱のまま残されている。例えば，ベトナムのメコン・デルタ沖合では数年前に油

地質情報室 Regional Geology Dept., Japan National Oil Corp. (J. N. O. C.)



第1図 主要探鉱地域インデックス・マップ

1	西部インドネシア前縁盆地	インドネシア	33	Chiapas 盆地(Reforma-Campeche)	メキシコ	65	スベルドラップ盆地	カナダ
2	イリアン・ジャヤ		34	メキシコ北部		66	フランクリニアン盆地	
3	東マレーシア		35	バハカリフォルニア		67	マッケンジーデルタ	
4	メコン・デルタ	ベトナム(一部中国)	36	ガテマラ		68	ボーホート海	
5	トンキン湾		37	カリブ海陸棚—ベネゼラ，コロンビア		69	バッフィン湾	
6	シャム湾—マレーシア，タイ		38	トリニダード		70	ラブラドル海	
7	パラワン島沖—フィリピン		39	オリノコ・デルタ—ベネゼラ		71	グランドバンク	
8	イラワジ・デルタ—ビルマ		40	アマゾン・デルタ	ブラジル	72	スコシャンシェルフ	
9	ガンジス・デルタ—バングラ，インド		41	Campos 盆地		73	ウラル・ボルガ盆地	[illegible]
10	ボンベイ・ハイ	インド	42	Chaco 盆地—ボリビア		74	西シベリア盆地	
11	アッサム地域		43	San Jorge 盆地	アルゼンチン	75	Pechora 盆地	
12	オーストラリア北西大陸棚	オーストラリア	44	Cuenca Austral		76	サウス・カスピアン盆地	
13	アマデウス盆地		45	マゼラン海峡—チリ		77	中央アジア盆地	
14	サウジアラビア (とくに Rub al Khali)		46	タララ沖—ペルー		78	ノース・コーカサス盆地	
15	イラン南東部		47	アラスカ湾	U.S.A	79	Dnepr-Donetz 盆地	
16	イラク		48	クック入江		80	Pre-Baltic 盆地	
17	スエズ湾	エジプト	49	ブリストル湾		81	バレント海(一部ノルウェー)	
18	ナイル・デルタ		50	セント・ジョージ盆地		82	カラ海	
19	リビア・チュニジア沖		51	ナバリン盆地		83	Vilyuy (ヤクーツク)盆地	
20	モザンビーク・マダガスカル沖		52	セント・ローレンス盆地		84	東シベリア海盆地	
21	アングリー海	フランス	53	ノートン盆地		85	Anadyr 盆地	
22	アキテーヌ盆地		54	ホープ盆地		86	Khatyrka 盆地	
23	ビスケー湾	スペイン	55	ノース・スロープ		87	北部オホーツク海盆地	
24	スペイン東海岸(地中海)		56	カリフォルニア沖		88	北サハリン盆地	
25	ユーゴスラビア沖		57	オーバースラスト・ベルト		89	Pogranich 盆地	
26	エーゲ海—ギリシャ (一部トルコ)		58	パウダーリバー盆地		90	Terpeniya 盆地	
27	黒海—ブルガリア，ルーマニア		59	アナダルコ盆地		91	北シナ盆地	中国
28	バルト海—東ドイツ		60	サウス・スロープ		92	渤海湾盆地	
29	北海(北部)—イギリス，ノルウェー		61	ガルフコースト深海部		93	黄海盆地	
30	Vφring Plateau—ノルウェー		62	ブレイク・プラトー		94	東シナ海盆地	
31	シェトランド島周辺—イギリス		63	バルティモアキャニオン		95	南シナ海盆地	
32	ケルト海—イギリス，アイルランド		64	ジョージバンク		96	アフリカ西海岸	

主要探鉱地域一覧表 (第1図の凡例)

が発見されたが，その後南ベトナム政府が崩壊したため，探鉱作業はほとんど進んでいない。タイおよびマレーシアのシャム湾では油およびガスの発見が続いている。フィリピンのパラワン島沖では新たに石油の生産が開始されたが，探鉱作業も活発である。ビルマのイラワジ・デルタの将来も有望である。

東南アジア諸国は政治的，経済的環境が不安定であり，最近インドネシアやマレーシアが契約条件の改訂を行っているものの，それでもこの両国およびタイ，フィリピン，ビルマの契約条件は石油会社にとって魅力的である。ベトナムにとって最大の問題は，中国政府（PRC）が主張する領海との調整である。とくに両国の紛争が最も懸念されるトンキン湾では，その中央部から西部にかけてソンコイ・デルタの豊富な堆積物が賦存し，メコン・デルタに劣らない石油ポテンシャルを具えているものと期待される。中国の主張する領海は，マレーシア，ブルネイおよびフィリピンの領海とも抵触する。

インドは西部沖合で発見された２油田を開発中であり，1980年には30万バーレル/日以上の生産量に到達するものと考えられる。この海域では今後さらに Bombay High 油田（20万バーレル/日）クラスのものが発見される可能性がある。インド政府は1975～1979年の５カ年計画を修正し，当初予算の４倍に当る19億ドルを計上した。この予算の半分以上は西部海域の探鉱開発資金に充てられるが，陸上の探鉱も強化する計画である。同国の ONGC（石油・天然ガス委員会）はアッサム地域でいくつかの中，小規模の油田を発見した。アンダマン，ニコバル両島周辺海域の探鉱計画もある。

オーストラリアでは，労働党政権から保守連立政権へ移行後，探鉱活動は次第に復活しつつある。Magellan Petroleum Australia Ltd. は同国中央部の僻地 Amadeus 盆地の探鉱を再開した。オーストラリア北西大陸棚でも，探鉱作業の復活後すでにいくつかの小ガス田が発見されている。バーロー島油田の深掘りによって発見されたガス層の規模は大きい。しかしオーストラリアにおける探鉱活動の中心は，北西大陸棚のさらに西方の深海部 Exmouth Plateau である。この海域の面積は約15万 km² であるが，水深は1,000～2,200m である。Esso 他数社が探鉱に着手している。しかしこのような大水深の海域では，同国のバス海峡の Kingfish 油田（埋蔵量７億バーレル）クラスのものが発見されなければ，採算性がないといわれている。

中　　東

中東ではイラクが膨大な未発見ポテンシャルを具えている。イラクのメソポタミア盆地は約2000万 km² の面積を占め，未探鉱の地域が広く残されている。サウジ・アラビアやクウェートのジュラおよび白亜紀油層がこの地域まで延長していることは疑いない。一方同国北部の Jambur および Bai Hassan 油田および南部の Rumaila および North Rumaila 油田の開発も急速に進行中で，それぞれ100万バーレル/日以上の生産能力をもっている。イラクの現在の250万バーレル/日の生産能力は，近い将来に450万バーレル/日以上に増加するものと期待される。

サウジ・アラビアの1977年末の石油の確認埋蔵量は1,104億バーレルで，前年に比べて２％増である。確認＋推定埋蔵量は1,776億バーレルである。サウジ・アラビアでは1938年の石油発見以来，毎年の発見埋蔵量がその年の生産量を上回っている。毎年の発見量にはかなりの変動はあるが，大ざっぱに年平均3.8％増である。このような統計データに基づけば，今後もあるていどの期間は埋蔵量の増加傾向が続くであろう。実際に現在地震探鉱が活発に行われており，これによって既成油田の延長部や深部，さらに新地域でも油が発見されつつある。

採収率の向上をはかるために，活発な油層圧力維持作業も実施されている。Abqaiq 油田でガス圧入が開始されたのは1954年３月であるが，その後 Ghawar 油田の Ain Dar 地域でもガス圧入が行われた。Ghawar 油田で水の圧入が始ったのは1956年２月であった。はじめは Wasia 層の地層水が油層の Arab D 層へ圧入された。しかしこの水は飲料ともなるので保存する必要がでてきたことおよび油の生産量が多くなってこの水だけでは足りなくなったことのために，海水を利用する水攻法が計画された。1977年末から420万バーレル/日の水圧入が行われているが，最終的には1,500万バーレル/日の水が圧入される計画

である。

サウジ・アラビアでは1933年以来40年以上に亘って Aramco によって詳細な探鉱作業が実施された。その結果，全域の構造分布パターンはすでに明確となり，すべての大構造が掘削されて，現在の膨大な埋蔵量が発見された。比較的小規模な構造を対象とする地震探鉱は引続き実施されており，その結果過去5年間に12の中小油ガス田が発見された。しかしサウジ・アラビアで将来さらに大規模な油田が発見される可能性は殆んどないと考えられる。

イランのペルシャ湾の中規模油田（中東の基準からいえば）からの生産量は10万バーレル/日に増加した。今後はペルシャ湾の南東部イラン側海域における石油の発見が期待される。Kangan における Khuff 層（二畳系）の埋蔵量は75兆立方フィートとも150兆立方フィートともいわれるが，このガス層はペルシャ湾全域からイランの陸上に亘って広く分布するものと予想される。Khuff 層のガスのポテンシャルはソ連のガスに匹敵する巨大なものであると考えられる。

アフリカ

エジプトはアフリカ諸国のなかで最も探鉱活動が活発である。とくにスエズ湾が現在最盛期にあり，数年前に発見された Ramadan および July 両油田はそれぞれ5～6万バーレル/日の生産を行っている。エジプト全土で1978年中に少くとも10地域で油およびガスが発見された。このうち2油田（スエズ湾）の規模はかなり大きく，1ガス田（ナイル・デルタ）もあるていどの規模をもっているようである。

リビアとチュニジアとの境界海域は有望視されているが，紛争海域でもあり，試掘はあまり行われていない。しかしチュニジア海域では1974年以降少くとも2油田，1ガス田が発見されている。

西アフリカでは今後ナイジェリアのような大産油国が出現する可能性は殆んどないであろう。しかしナイジェリアが1907年以来の探鉱の歴史をもっているのに対して，その他の国の探鉱作業はまだ初歩的な段階にある。しかも海岸線沿いの海域にはあるていどの規模をもつ堆積盆が数多く存在する。現在西アフリカでは20社以上の石油会社が活発な探鉱を実施中である。従来からの産油国，ナイジェリア，ガボン，アンゴラ，コンゴ，ザイール，カメルーンの他，アイボリー・コーストとガーナも最近発見した海洋油田を開発中である。この地域の石油消費の伸びが低いことを考えれば，今後新たに石油が発見されれば，輸出能力の増加を十分に期待できる地域である。

ヨーロッパ

フランスではブルターニュ半島沖の Angry 海域（Mer d'Irose）で油層が発見され，将来かなりの規模の生産が期待されている。ピレネー山脈の北方の Aquitaine 盆地の探鉱も成果をあげているが，現在のところ岩塩層の上位の油層の探鉱に限定されており，今後同層の下位でも油が発見されれば，この盆地のポテンシャルはさらに増加すると考えられる。

ノルウェーの北緯62度以北の海域は将来の大産油地帯であると信じられているが，地質学的な詳細については明らかでない。グロマー・チャレンジー号はこの海域ですでに油層を発見してはいるが，北海の現在の産油地域よりもはるかに厳しい気象，海象の海域である。ノルウェーの NPC および Statoil はすでに2万km以上の地震探鉱を実施したが，これには予察調査だけでなくて，一部の地域の準精査も含まれている。

北海の，西ドイツおよびデンマーク海域の探鉱は遅れているが，すでに少量の炭化水素が発見されており，この海域にまとまった量の炭化水素が賦存する可能性をまだ否定することはできない。その他，英仏海峡の中央部，Western Approach，ケルト海，オークニー島，シェトランド島の周辺海域も有望である。

現在までのところ，北海における油田は，Viking 地溝と Central 地溝とにおいて集中的に発見されている。この地域では二畳紀から第三紀初期に亘る良好な貯留岩が分布するとともに，ジュラ紀の根源岩が厚い第三系の荷重をうけて適切な熟成水準に達している。これに対して West Shetland 盆地の探鉱密度はまだ少いが，すでに盆地および構造形態の大要は判明し，今後の探鉱の進め方についての見通しがつけ

られるようになった。1977年8月にこの海域ではじめてコマーシャルな石油が発見された。しかしこの盆地と Viking 地溝との大きな相違は，この盆地の基盤が浅すぎることであって，探鉱の魅力は著しく減殺されている。

東ドイツおよびスエーデン沖のバルチック海ではまだ試掘は行われていないが，いくつかの陸上の構造が海洋まで延長していると考えられ，関心を集めている。スエーデンではバルチック海の Gotland 島の上で約20坑の試掘を行ったがコマーシャルな油は発見されなかった。

地中海ではスペイン沖の探鉱が成功し，Amposta Marino 油田の生産が開始された。Shell はこの海域でその他いくつかの油田を発見しているが，この海域の西部では玄武岩類が大量に迸入しているため，石油ポテンシャルはあまり高くない。地中海西部の深海部にも石油ポテンシャルは期待されてはいるが，まだ調査は不十分である。しかしチレニア海は中新世以前の地層が薄い上に，岩塩のような帽岩が欠けているので探鉱の魅力は少い。地中海東部およびイオニア海盆地の石油ポテンシャルは一般に，隣接する陸域とほぼ同様であまり期待はもてないが，ギリシャ沖の Prinou 構造では少量の油が発見されている。

ナイル・デルタからその北方の地中海東部においては，膨大な厚さの更新――鮮新世のデルタ砕屑物の下位に中新層が発達し，エジプトの陸棚では中新層からガスが発見されている。チュニジアの Pelagian 炭酸塩岩卓状地における Ashtart, Isis 両油田の発見およびアドリア海卓状地におけるガスの発見によって，これら海域における炭酸塩岩のポテンシャルがクローズアップされるようになった。

ユーゴスラビア沖のアドリア海では，Buttes グループの試掘井において「かなり重要な資料」がえられたと報告されている。ユーゴスラビアでは陸上の Drava 盆地（セルビア）での探鉱が活発で，新油田も発見されているが，海域のポテンシャルの方がはるかに高いと考えられる。

黒海ではルーマニアが海洋掘削装置を使って試掘を行っているが，石油は発見されていない。またトルコ沖の黒海の試掘も不成功であった。しかしソ連はクリミア半島の西方海域で油田を発見しており，全体としてあるていどの石油ポテンシャルをもつ海域である。

中　南　米

中南米は将来の石油供給源として大きな魅力を秘めている地域である。過去数年来の米系石油会社およびその関連会社のこの地域への進出はすさまじい勢である。メキシコからアルゼンチンの Falkland 島へ至る中南米の東海岸沖が主な探鉱対象地域である。

コロンビア北東部の Guajira 盆地で近年数兆立方フィートのガスが発見された。この盆地はベネズェラのマラカイボ盆地の北方延長に当り，従来からポテンシャルが高いと推定されてきた地域である。

ブラジルの巨大なアマゾン・デルタ，アルゼンチンの San Jorge 沖盆地，マゼラン海峡において探鉱が次第に進捗し，その石油ポテンシャルが証明されつつある。ボリビアとパラガイにまたがる Chaco 盆地も将来の有望なフロンティア地域である。

トリニダード・トバコの北方および東南方の海域は次第に重要な油およびガスの産出地域として成長しつつある。ベネズエラの北方海域も大きなポテンシャルが期待される。

メキシコの石油資源については，1972年に同国南部で Reforma 油田群が発見されて以来，急速にその重要性がクローズアップされている。しかしメキシコ全体の堆積盆の面積は約95万 km² といわれるが，このうちあるていどの探鉱が行われた面積は約40万 km² に過ぎない。メキシコが将来大産油国に成長することは間違いないであろうが，現在急速な発展途上にあるメキシコの石油産業について，その将来性を予測することは著しく時期尚早と考えられる。

メキシコの国営石油会社 PEMEX は同国の石油資源量についての最近の公表で，確認埋蔵量400億バーレル，推定埋蔵量450億バーレル，究極ポテンシャル2,000億バーレルとした（油に換算した天然ガス量を

[illegible]現[illegible]メキシコの石油ポテンシャルを評価することは困難ではあるが，筆者として

[illegible]著しく楽観的であるが，政治的，政策的意図をもったものであると考える。筆者の概

算によると，確認＋推定埋蔵量約400億バーレル，究極ポテンシャル1,000億バーレル前後。即ちPEMEXの公表資源量の２分の１ていどと評価するのがほぼ妥当なところではないかと思っている。しかしそれでもメキシコの石油ポテンシャルが巨大であることに変りはない。

メキシコでは現在同国の31州のうち21州において石油の探鉱が行われているが，集中的な活動が行われているのは次の４地域である。

（１） Reforma-Campeche 湾地域

（２） Sabinas 盆地

（３） Vizcaino-Purisima 地域
　　(Baja California 半島南部)

（４） Chicontepec 亜盆地

メキシコ南部の陸上 Reforma 地域ではすでに27構造で白亜系およびジュラ系の大規模な油およびガスが発見され，10油田から生産が行われている。しかしこの地域には未試掘構造が60～80も残されている。Campeche 湾の堆積盆は Reforma 地域の北方延長であって，ほぼこれと匹敵する規模をもつものである。現在までに８構造で油が発見されているが，未試掘構造が100以上もある。Campeche 湾では現在の主要探鉱開発地域から北方へ約220km（南部の海岸線から約270km）離れた試掘井 Ixchel においても油が確認されている。メキシコ南部の陸海域は，メキシコだけでなく，世界の石油の将来を左右する重大な地域である。

Sabinas 盆地はメキシコ北部に位置し，1976年以降４ガス田が発見され，将来石油が発見される可能性もある。この地域はメキシコ北部の工業センターに近いこと，および米国南部の戦略ガス・パイプラインに近いという利点があり，メキシコは早急な開発を行う予定である。Baja California 半島中部では1976年以降２カ所でガスが発見され，この盆地は海洋まで延長していることが判明したため，現在は海陸において探鉱活動が進められている。メキシコ中部，やや東海岸寄りに位置する Chicontepec 亜盆地の石油ポテンシャルは著しく疑わしい。PEMEX はこの亜盆地のポテンシャルを1,000億バーレル（地下の原始埋蔵量）としているが，本亜盆地の堆積物はタービダイト質で著しく分布が不規則な上，貯留岩の質が悪く，１坑当りの生産能力は著しく低い。筆者としては採算性を具えた油田が存在するかどうか保証できないと思っている。

北　　米

北米は世界で最も探鉱が進んだ地域であることは事実であるが，今後に残されたポテンシャルも大きい。

アラスカとカナダの北極圏は，北米における２大有望地域である。アラスカの North Slope と Beaufort 海において第２の Prudhoe Bay 油田を探す活動は今後も活発に行われるであろうが，カナダの Meckenzie 盆地およびその沖合の Beaufort 海，さらに北極諸島も大産油，ガス地帯となるすべての地質条件を具えていると考えられる。

米国の国内でとくに有望と考えられる地域として次のようなものがある；ロッキー山脈地域には，Overthrust Belt を含めてまだあまり探鉱が進んでいない盆地がいくつかある。探鉱が進んだ盆地のうちではワイオミングおよびコロラドの Williston 盆地，Powder River 盆地，Denver 盆地の層位トラップの探鉱がまだまだ経済的にも魅力的である。ウエスト・テキサスの Abo 二畳紀礁における石油の発見によって，広域的にこれを対象とする探鉱が有望と見られるようになった。イースト・テキサス，ミシシッピーの Hosston-Cotton Valley およびアパラチャ盆地では深部の白亜紀砂岩およびジュラ紀石灰岩が注目されている。

アメリカの海域で石油，ガスのポテンシャルがあると考えられる堆積盆の面積は約140万 km^2 であるが，現在までに鉱区入札が行われたのはこのうち僅か４％だけである。ルイジアナの沖合だけで1948年以

来，97油，ガス田が発見され，その平均規模は油1億バーレル，ガス6,000億立方フィートであることを考えれば，将来の米国の海洋のポテンシャルが，とくにガスに関して極めて膨大であることが予想される。

米国東海岸沖の Baltimore Canyon では，1978年8月に Texaco がサブ・コマーシャルな量のガスを発見し，これに引続いてかなり活発な探鉱作業が実施されたが，その後は殆んど成果はあがっていない。

ソ　連

現在のソ連の石油の中心は巨大な中生代油ガス田をもつ西シベリアと中央アジアである。ソ連の計画は少くとも西暦2000年までは西シベリアの探鉱，開発に主力が注がれる。しかしその他多くの地域でもかなり広く探鉱活動が行われている。そのひとつはロシア卓状地の北東部に位置する Timano-Pechora 盆地である。ここではすでに Vuktyl および Usa のような巨大油田が発見されている。ロシア卓状地南西部の Dneprovsk-Pripyat 地域には Dnepr-Donets および Pripyat という2つの深い盆地があり，新油ガス田が発見されつつある。

pre-Baltic 地域には大量の炭化水素が賦存する可能性はあるが盆地の半分以上がバルト海のなかにあるため探鉱が進んでいない。North Caucasus 地域はソ連で最も古い産油地域であるが，コーカサス山脈の山麓部の上部白亜紀層および Stravropol 隆起帯におけるジュラ紀および白亜紀層の尖滅部における層位トラップが最近において見直されている。

South Caspian 地域の，Azerbaijan から West Turkmenistan へ亘るいわゆる "Apsheron Step" の今後のポテンシャルはかなり高いと考えられる。又中央アジアではすでに Gazli, Ackak, Saman-Tepe, Shekhdli 等の巨大油田が発見されているが，今後も大油ガス田の発見が続くものと期待されている。

ソ連の太平洋岸地域で現在までのところコマーシャルな油田が発見されたのはサハリン島の北サハリン盆地だけであり，44の油田がある。1971年に陸上からの傾斜掘によって海洋油田が発見されているが，今後有望と考えられるのは北サハリン盆地の海域延長部と Pogranich 盆地および同島南東部の Terpeniya 盆地の海域であろう。わが国のサハリン石油開発協力（株）は，サハリン島の北東海域のオドプト，チャイボの2構造において油およびガスを発見した。

太平洋岸地域で最北部に位置する Anadyr 盆地は，ベーリング海の St. Lawrence 盆地と連続している可能性がある。この盆地は陸域3万 km^2，海域3～7万 km^2 の面積を占め，無数の油徴地があり，背斜構造の数も多いので，ソ連では大きな期待をもっているようである。すでに二十数坑の層序試錐が実施され，1971年にはコマーシャルではないが2ガス田が発見された。しかし最近の探鉱活動は低調である。

中　国

朝鮮の西岸沖から渤海湾，黄海，東シナ海，南シナ海を経て海南島へ至る大陸棚の面積は約1,143,000 km^2 で，ここには少くとも3,062,000km^3 の堆積物が分布する。白亜紀より古い地層が基盤を構成し，白亜紀砂岩については平均孔隙率7％，平均浸透率1md 以下というデータもあり，良質な貯留岩とは認められない，古第三系の分布は比較的限られており，広東付近の三水盆地では非海成層であるが，黄海におけるドレッジ試料および台湾西部のあるコア試料では海成層であった。古第三系の石油ポテンシャルは一般に高くはないが，中国の陸域および海岸線付近の地域では完全に無視することはできない。

北シナ盆地や台湾では中新世およびそれ以後の地層において数多くの油田が発見されている。済南—渤海—遼河各亜盆地においてはこの層準は殆んど非海成相より成るが，海成相の舌状分布も認められる。黄海，東シナ海，南シナ海のドレッジ試料および台湾の坑井資料によると，これらの地域の中新層はすべて海成～汽成相である。

中国の大陸棚はたしかに広大ではあるが，その石油ポテンシャルについてはあるていどの制約があると考えられる；その地質学的原因としては，中国の大陸棚は世界の大規模な大陸棚のように紡慢な下方撓曲と，これに伴う長期間に亘る堆積作用という地史を経ていない。また堆積物の厚さは部分的には4,000～

6,000m に達する場合もあるが，盆地の間には山東地塊，福建一嶺南地塊のような隆起地塁が存在し，ここには先カンブリア紀ないし中生代の岩石が露出したり，第三紀および第四紀の火山岩類が広く発達する。中新世盆地の堆積物もこのような火山活動の影響を受けていると考えられる。これは根源岩的にも，貯留岩的にも石油の生成，集積にとってマイナスの要因である。さらに南シナ海の大陸棚へ注ぐ大きな河川が少い。トンキン盆地へ注ぐソンコイ河，香港付近で南シナ海へ流入する珠江ぐらいである。これに対して，黄海盆地の西半部に揚子江が，朝鮮湾盆地に鴨緑江が大量の堆積物を供給した。済南一渤海一遼河亜盆地に対しては黄河および遼河が注いでいる。従って東シナ海の台湾盆地，沖縄トラフ，朝鮮海峡あるいは南シナ海の盆地の一部では，中国本土の小河川や台湾一宍道褶曲帯のような隆起帯から供給された堆積物が主体である。

中国では現在最も探鉱が進んでいる北シナ盆地の他，南シナ海，東シナ海，黄海の盆地にあるていどの石油ポテンシャルを期待することができる。しかしこれらの海域の究極ポテンシャルは A. A. MEYERHOFF があげた300億バーレルという数字が妥当なところであると考えられる。

現在，中国沿岸部では世界の石油会社によって壮大な物理探鉱作業のドラマが展開されている。即ち黄海においてはフランスの ELF と英国の BP が，南シナ海においては米系６社がオペレーターとなって，総面積約37万 km² の海洋で，総測線長約85,000km の地震探鉱が実施されつつある。この作業に対しては，わが国の石油公団を含む世界の数十社が参加して費用を分担し，近い将来に予想される鉱区の入札に参加するための体制を固めつつある。

石油の究極ポテンシャルとフロンティア地域のポテンシャル（付：増進回収法について）

「人類が究極的に利用できる石油の資源量は約２兆バーレルであり，このうち１兆バーレル強がすでに発見ずみで，残りの１兆バーレル弱が未発見のまま残されている。さらに既発見の油のうち約3,500億バーレルが消費ずみで，残存埋蔵量は約6,500億バーレルである」。このような見解は世界中の専門家の一応のコンセンサスをえたものであるかのように一般に考えられている。筆者が実際に，石油公団が保有するかなり大量の資料を整理してまとめた結果も，世界の究極ポテンシャルは約1.9兆バーレルとなった。しかし世界エネルギー会議が行った専門家に対するデルファイ法によるアンケートの結果を見ても，究極ポテンシャルに関する見解の相違は極めて大きい。大体1.2兆バーレルから3.5兆バーレルという広い範囲にまたがる結果がえられている（例外的であるが最大6.65兆バーレルという回答さえある）（第１表）。従って究極ポテンシャル２兆バーレルという見解は1975年の世界石油会議で MOODY 等によって公表され，一般にポピュラーな値とはなっているが，必らずしも専門家のコンセンサスをえたものではない。

しかしこのような数値的な究極ポテンシャルがどうあろうと，今後の石油開発においては，僻地，極地，深海のようなフロンティア地域の重要性が増大することおよび増進回収法（enhanced oil recovery・EOR）による採収率の向上が石油の増産にあるていど貢献するであろうことが特徴的である。

油層自体がもつ天然の排油エネルギーだけに頼っていると，地下に賦存する油のうち５～30%ていどが採収できるにすぎない。従って，残りの油を採収するためには，油層内に人為的にエネルギーを加えてやる必要がある。油層内に水またはガスを圧入する水攻法またはガス圧入法は現在までかなり広く利用され，成果も収めており，一般に２次回収法(secondary recovery)とよばれている。一方３次回収法（tertiary recovery）という言葉は，標準的な１次および２次の採油法が実施された後に使われる油の採収技術全般を示すものである。しかし米国その他の国では数年前からもっと一般的な用語として「増進回収法」が使われるようになっている。数多くの EOR 技術のうちで，現在ないしは将来最も期待できるものは次の３つである。

水蒸気圧入法

炭酸ガス・ミシブル法

第1表 石油の究極ポテンシャルに関するアンケート結果の集計
(世界エネルギー会議による) (単位10億トン)

	ソ連・東欧	中国	北米	中東北アフリカ	アフリカ(サハラより南)	西欧	中南米	日本及び大洋州	極東及び東南アジア	在来原油計	深海	極地	合計
1*	(20)	(5)	(10)	(57.5)	(3.5)	(7.5)	(8)	(5)		(116.5)	(2.5)	(7.5)	(126.5)
2	20.2	7.1	32	80.3	6.3	14	7.9	5.5		173.3	0	0	173.3
3	68.5	6.6	6.2	54.8	2.7	6.8	18.5	2.7	5.5	175.2	5.5		180.8
$\bar{x}$	52.7		19.1	67.6	4.5	10.4	13.2	6.8		174.3	2.8		177.1
4	41	11	26	85	11	22	16	11		224	ε	2	226
5	60		27	76	8	10	17	16		214	13		227
6	40.3		29.1	103	13.4	9	17.9	11.2		224	7から30		231
7	46		25	103	12	6	22	22		235	合計量に含む		235
8	57.1		28.6	87.7	9.1	10.8	26.1	16		235.3	—	2.7	238
9	37.5	5	17.5	112.5	7.5	7.5	12.5	5	20	225	20	5	250
10	41+		41	82+	5−	5+	26	10		210	46		256
11	36.4	7.8	15.6	156	10.4	10.4	13	2.6	7.8	260	0	0	260
12	37.5	19.7	18.4	77.7	7.3	15.2	36.9	2.6	12.5	227.8	34.4	1.3	263.5
13	69	14	25	90	9	10	13	2	11	234	17	5	265
14										265.5			265.5
15	74		28	119	8	16	15	10		270	p.m.		270
16	44.4	16	18.7	134.3	8.9	8.7	12.7	2.9	6.5	253.1	24.4	—	277.5
17	59		20	110	4	7	34	6		240	50		290
18	45		45	90	9	18	30	15		252	48		300
19/20/30													300以下
$\bar{x}$	54.5		26.1	101.9	8.8	11.1	20.9	13.6		238.6	21.2		257.0
s	12.7		8.5	23	2.5	4.9	8.4	5.1		18.4	18.9		22.6
$\bar{x}/s$	4.3		3.1	4.4	3.5	2.3	2.5	2.7		12.9	1.1		11.4
22													300～500
23	52.5	24.5	42	122.5	14	14	35	21		325.5	24.5		350
24	80.5	15.75	43.75	118.3	12.25	14.7	31.5	15.75	10.5	343	7		350
25	40	25	50	100	20	5	55	30		325	150	25	500
26	75		25	90	20	15	20	35		220	180	50	500
27	60	5	35	300	40	10	20	5	5	470	15	15	500
28													550～950
$\bar{x}$	75.7		39.2	146.2	21.3	11.7	32.3	22.5		346.7	93.3		435.7
$\bar{\bar{x}}$	59.4		28.5	109.1	11.3	11.2	22.9	15.1		257.3	38.7		302.4
$\bar{s}$	17		11.1	49.3	7.9	4.6	11.1	7.1		63.9	60.8		104.8
$\bar{\bar{x}}/\bar{s}$	3.5		2.6	2.2	1.4	2.5	2.05	2.1		4	0.6		2.9

* 2000年までの発見量を含むものであり究極可採資源量ではない

界面活性剤攻法

水蒸気圧入法は高温の水蒸気を油層へ圧入し，油層を加熱することによって油の粘性を低下させるとともに油層の圧力を上昇させ，これによって油を採収する方法である。現在のところカリフォルニア，ベネズェラなどの地域で広く実施され，現状では慣用の採油法とコスト的に競合しうる殆んど唯一の EOR 技術である。

炭酸ガス・ミシブル法とは，炭酸ガスを圧入することによって，原油中の中間成分を抽出し，それによって自動的に原油に対してミシブルな（混和しうるような）層を形成し，原油を置換して行く方法である。この方法は原理的には 100%の採収率をあげることも可能である。炭酸ガスの供給に関してごく恵まれた油田の場合には，この方法は現在の油価でも採算が可能である。

界面活性剤攻法は，水および油の両者に対して親和力のある界面活性剤を使用してミシブルな層を形成し，その後を保護のためにポリマー（高分子物質）水溶液で押してやって，油の回収の増加を促す方法である。この方法は一応実験的にはフィージブルであることが証明されているが，本格的なフィールド・テストは行われていない。

一般に EOR 技術による採油コストは，慣用の技術によるものに比べて著しく割高である。従ってこれによる生産量の増加レートは今後の油価の上昇傾向に敏感な影響をうける。しかし少くとも米国，カナダなどの国においては，EOR 技術によって最大 6 %ていどの採収率の向上が期待されている。

一方フロンティア地域については，その明確な定義はないようであるが，ここでは一応僻地，極地，深海の地域を含むものとし，それぞれの定義は次の通りとする；僻地とは海岸から 1,000 km 以上離れた陸上の未開発地域をいう。

極地とは北緯および南緯60度以北，以南の海陸をいう。

深海とは水深500m 以上の海域をいう。

産業経済研究所の「エネルギー・コスト研究報告」によると世界の石油資源の分布状況は次の通りである（本研究プロジェクトには石油公団も参加した)。

	百万バーレル
究極可採量	2,047,588.8
既発見量	1,260,530.8
既生産分	341,803.3
既開発分（生産中の油田分）	644,679.5
未開発分	194,488
EOR による期待増収分	79,560
未発見量	787,058

さらに未開発分（194,488百万バーレル）のうち，フロンティア地域に分布するのは 31,720 百万バーレルで，未開発分の16.3%を占める；

	自由圏 百万バーレル	共産圏 百万バーレル
僻地分	12,720 (6.5%)	2,400 (1.2%)
陸上極地分	300 (0.2%)	13,400 (6.9%)
海洋極地分	2,900 (1.5%)	——
深海分	——	——
合　計	15,920 (8.2%)	15,800 (8.1%)

31,720 (16.3%)

未発見分 (787,058百万バーレル) のうち，フロンティア地域に分布するのは 302,340百万バーレルで，
発見分の38.3%を占める；

	自由圏	共産圏
	百万バーレル	百万バーレル
僻地分	26,040 (3.3%)	2,400 (0.3%)
陸上極地分	12,000 (1.5%)	13,400 (1.7%)
海洋極地分	52,000 (6.6%)	150,500 (19.1%)
深海分	46,000 (5.8%)	――
(うち極地)	7,500 (0.1%)	――
合　計	136,040 (17.2%)	166,300 (21.1%)
	302,340 (38.3%)	

従ってフロンティア地域のポテンシャルに関しては次のように総括することができよう。

(1) 既発見未開発埋蔵量のうち，フロンティア地域に分布するものは全体の16.3%にしか過ぎない
未発見ポテンシャルの40%近くはフロンティア地域に分布すると予想され，将来はフロンティア地域
対する依存度が急増する。

(2) フロンティア地域の既発見未開発埋蔵量 (31,720百万バーレル) は世界各地に分散しているが，
特に多いのは自由圏では僻地 (12,720百万バーレル) であって，主な地域は次の通りである。

	百万バーレル
中　東	8,000
中南米	2,200
北アフリカ	1,700

共産圏では陸上極地 (13,400百万バーレル) に多く，その大部分は西シベリアおよびティマノ・ペチョ
地に分布する。

(3) フロンティア地域の未発見ポテンシャルについては，共産圏 (21.1%) の方が自由圏 (17.2%)
も有望である。

(4) フロンティア地域の未発見ポテンシャル (302,340百万バーレル) のうち最も重要なのは，自由圏
は海洋極地 (6.6%)，次いで深海 (5.5%) であり，共産圏では圧倒的に海洋極地 (19.1%) である。

(5) 自由圏の海洋極地の未発見ポテンシャル (52,000百万バーレル) は次の地域に分布する；

	百万バーレル
北　米	42,500
西　欧	6,600
中南米	2,900

自由圏の深海部での未発見ポテンシャル (46,000百万バーレル) が期待されるのは次の地域である；

	百万バーレル
北　米	26,000
中南米	9,000
西　欧	6,000
西南アフリカ	5,000

(6) 共産圏の海洋極地の未発見ポテンシャル (150,500百万バーレル) の大部分は，バレンツ海，カラ
ラプチェフ海に期待され，これに次ぐのは東シベリア海，チャクチ海である。

むすび

中東地域の原油埋蔵量は世界全体の埋蔵量の約60%を占め，短期的ないし中期的には世界の需給バランスを左右する最も重要な存在であることはいうまでもない，しかしこの地域の諸国では数十年に亘って探鉱開発作業が行われてきており，イラクを除く国では今後あまり大量の埋蔵量が追加される見込みはない。北海の石油生産量は1980年代後半にはピークを迎え，その後は減退の道をたどる。メキシコの未発見石油ポテンシャルは，同国の国営石油会社 PEMEX が公表しているほどではないにしても，かなり膨大である。ソ連の今後の石油生産に関して CIA などがかなり悲観的な見通しを行っている。しかし同国の石油の潜在ポテンシャルは極めて膨大であり，技術的停滞，インフラストラクチャーの不備などが解消されれば，今後も現在ていどの生産水準を維持することができよう。中国では現在周辺海域で活発な物理探鉱が行われている。同国は石油地質学的にはやや制約があるとはいうものの，あるていどの未発見ポテンシャルを具えていると考えられる。

しかし今後増加する石油の需要を満足させるためには，僻地，深海および極地，即たフロンティア地域の探鉱を促進する必要がある。このような地域には，石油の未発見ポテンシャルの35～40%が賦存すると期待されている。増進回収技術による採収率の向上にも，今後油価の上昇が続けばあるていどまでの期待をすることができる。

本文では石油開発の現状および今後の見通しについては全般的な展望を行ったが，これらは極めて多くの資料から集められたものであり，かつ伝聞によるところも少くないので，文献リストの掲載は割愛する。

(1979年10月16日受理)

地学雑誌 88, 6 (1979)

石油・天然ガス探鉱における物理探鉱法

山　崎　　喬*

Exploration Geophysics for Petroleum and Natural Gas Resources

Takashi YAMAZAKI

Abstract

It is clear that the exploration geophysics has clearly contributed to find petroleum and natural gas resources world wide.

In future too, there will be no method superior than the geophysical methods for this purpose especially in offshore areas and for deeply seated hydrocarbone deposits, although the methods shall be improved more.

The present review chiefly concerns with two geophysical methods, i. e. reflection seismic and gravity.

In this review, a short history of technicla development including data aquisition, data processing and progress in interpretation are descrived with figures.

I. 緒　言

現在，世界最大の商品である石油，クリーン・エネルギー源としての天然ガスの探鉱に物理探鉱法が，大きく貢献している事は明らかであり，露頭の見えない海域，あるいは推測の出来ない地下深部の探鉱では，この物理探鉱法に代わり得る技術は現在見当らない。この物理探鉱法，特に地震探鉱法を中心に現在の技術について説明する。なお，広義の物理探鉱法には電気探鉱，放射能探鉱も含まれるが，石油・天然ガスの探鉱への利用頻度が少いので本稿ではふれない。

II. 石油地質と関連技術

古くから人々は地表に滲出している石油を灯火，炊事，暖用，あるいは薬剤に用いて来た。噴出するガスも同じ様に利用されていた。しかし，大きな流通商品として使用されはじめたのは19世紀後半である。

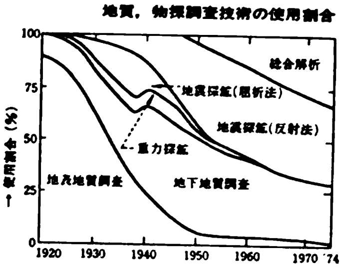
1860年，フランス人ルノワルが内燃機関の商品化に成功して以来，発達，普及する内燃機関の燃料として，あるいは米国で製作され，普及する石油ランプの灯油として，石油の需要は急激に増大した。このため滲出した石油の採取では需要を満たせず，積極的な採取法の発達を促した。この頃から石油は流通商品化し，樽で運ぶために，石油についてはバレルという計量単位が当てられるようになった。

1859年ドレークは塩井戸掘りに用いられた綱掘りを石油に応用し，成功した。この世界第1号井は油徴地の中心に掘られた。石油の貯溜について，カナダ地質調査所のハントが，背斜構造との関係を1860年代のはじめに報告したが，日の目を見ず，1885年，ホワイトの背斜説まで待たねばならなかった。一方，実際の油田についての経験と資料が増すにつれ，背斜構造以外の種々の型の油田があることがわかって来た。そして地下構造推定の手法も発達し，物理的推定の試みは19世紀末頃から始まり，20世紀に入るや方法論

* 石油公団・石油開発技術センター　Geophysics Laboratory, Technology Research Center, Japan National Oil Corporation

が確立した。1906年 EÖTVÖS は論文の中で，重力偏差計による埋没資源探査を予言した。1915年 SCHMIDT は有名な野外磁力計を製作し，磁気探査を普及させた。1919 年 MINTROP は屈折法地震探鉱の特許を取り，1924年に岩塩ドームを発見している。

探鉱が進んだ現在，対象鉱床は陸域から海域へ，浅層から深層へ，単純な背斜構造から層位封塞構造へと移るにつれて，物理探鉱技術の重みは増し，その向上が期待されるものである。第1図に調査技術の使用割合を示す。



第1図　石油公団，石油開発技術センター編　石油鉱業の技術講座 (1976) より

最近の物理探鉱技術の発展は，大量の計算を可能にせしめた電算機と高精度の観測を可能にせしめたデジタルレコーダーを生みだした電子工学の発展とデコンボリューションを胚胎した，情報理論の応用による所が極めて大きい。しかしながら地震探鉱においては，波動としての取扱いに欠けるきらいがあった。それ故，次の発展は波動方程式マクグレーションのように，幾何光学を越えたものではなかろうか。

III. 石油探鉱の順序と物理探鉱

石油の探鉱を効果的，経済的に行うには手順がある。

探鉱の対象となる石油鉱床の生成には

1) 石油を生成する有機物に富む厚い堆積物である母岩。後に生成した石油の流失を防ぐ帽岩になる。
2) 有機物が石油に変化熟成するための適当な温度・時間等の環境条件。
3) 生成された石油を貯溜するに足る孔隙を有する貯溜岩が，石油を透さぬ地層で封塞された上向きに凸又はこれに準ずる集油構造。

第1表　探鉱の段階と調査法

	探鉱の段階 (判断の基準)	調査法 地質学的方法	調査法 物理学的方法 地球物理学的方法
I	堆積盆地の選出 (堆積盆地の広さ 堆積層の厚さと内容)	地表地質調査 古生物調査 地化学調査	リモート・センシング(人工衛星，航空機) (空中)磁力探鉱 重力探鉱 地震探鉱(屈折)反射
II	対象構造の選出 (集油可能構造の数，位置，大きさ)	地表地質調査	重力探鉱 地震探鉱(反射)
III	試掘位置の決定 (集油構造の形態)	地表地質調査(精査)	地震探鉱(反射・精査)
IV	試掘 (貯留岩の質と量)	坑内地質調査　地温 古生物調査　古地温 地化学調査 油・ガス徴調査 コア分析 坑内テスト	物理探査(検層)

石油資源開発(株)物理探鉱技術セミナーテキスト(1972)に加筆

等が必要である。

石油の探鉱は上記条件を総合的に調べることであるが，物理探鉱はその一部，狭義には集油構造の発見とその形態を明らかにする方法といえる。

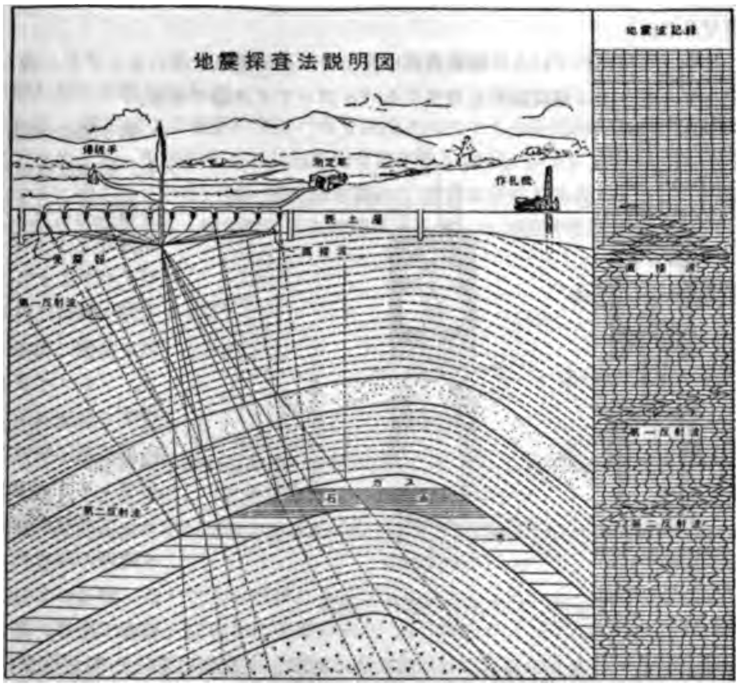
第１表に探鉱手順の一例を示す。この表から種々の探鉱技術が関与している事がわかる。

種々の異質の情報は参照総合され，探鉱解釈の精度の向上がはかられる。第１表の手順は唯一度の流れではなく必要に応じくり返されることはいうまでもない。

IV．地震探鉱法

地表近傍でダイナマイトを爆破させるとその衝激で人工地震波が発生し，地中に伝播して行く。そして岩石の密度及び地震波伝播速度（以下速度と云う）の積である音響インピーダンスの異る境界で，その一部が反射したり，屈折したりして地表に戻って来る。この地震波を地表に設置した受振器（群）で受け，地震探鉱機と呼ばれる増巾・磁気録音装置で記録する。同時にオシログラフに地震波を画かせる。この地震記録の屈折走時（震源から受振点までの屈折波の到達時間）を利用するのが屈折法であり，反射波を利用するのが反射法である。

前者は主として土木関係地盤調査，大規模な地殻構造調査及び後者における表層補正計算に用いられる。後者はもっぱら石油・天然ガス鉱床の探鉱方法として発展して来たが，最近では分解能及び精度の向上から浅層反射法として土木・炭鉱関係調査あるいは到達深度の増大から地殻調査にも用いられるようになった。海洋底の調査ではモホロビッチ層の検出に成功しており，日本島弧への太平洋プレートのもぐり込みを記録断面から観察出来る。



第２図　反射法の概念図，物理探鉱 Vol. 11, No. 4 (1958) より

第２図に反射法の概念図を示す。本解説では石油・天然ガス探鉱に多用される反射法について多少詳しく述べる。

概念図では反射層に対応する反射波が明瞭であるが，実際の記録ではこの反射波が震源あるいは地層自身が原因となる強い雑音で被覆され識別出来ない場合が多い。そこで通常電算機を用い，反射波の強調・雑音の除去等の処理を行い地下構造を反映する地震記録断面に作成し，これを基に地下構造の解釈に用いる。

反射法，屈折法いづれも通常地震波の中で速度の大きい（つまり早く到着する）P波（縦波）を用いるが最近速度の小さいS波（横波）を用いる反射法が石油探鉱に用いられはじめた。これは速度が小さい事

から地層の分解能を高めることが出来る事とP波の速度と合せて地層物性の推定に役立つことから高精度の探査が期待出来る利点がある。

IV-1　データの集収と機器

反射波信号対雑音比を改善するため，共通反射点重合法が基本になっている。第6図の概念図でわかるように一つの共通反射点の情報を得るためには，多数の発震点及び受振点を必要とする。データの収集測定を効率よく行うためには，震源・受振器・増巾・記録等各装置が個々に機能するのは当然であるが，全体でシステム化されねばならない。特に海上における物理探鉱調査船，陸上におけるバイブロサイス調査班ではシステム化が著しい。

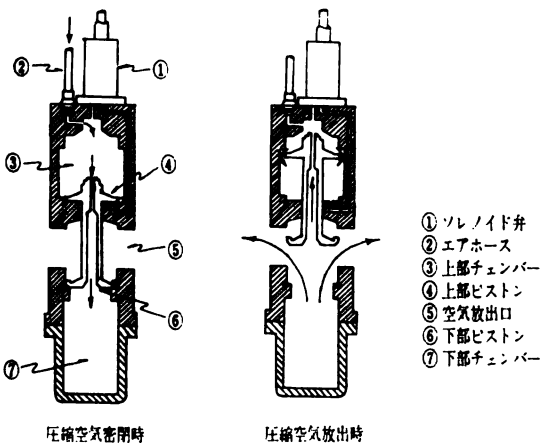
IV-1・1　震源

爆薬は良い震源として広く用いられて来たが，種々の非爆薬震源が開発され実用されるようになったが，その理由は

1.	取扱いの安全性	海・陸
2.	価格・費用の低減	同 上
3.	作業能率の向上	同 上
4.	作業人員の削減	同 上
5.	海棲生物への無危害（生物保護，漁業補償問題の解消）	海
6.	人・建造物・埋設物への安全	陸

等である。

日本で現用されている非爆薬震源は海上では高圧空気を用いるエアガン及び高圧放電によるスパーカーであり，陸上では連続振動を発生するバイブロサイス®である。



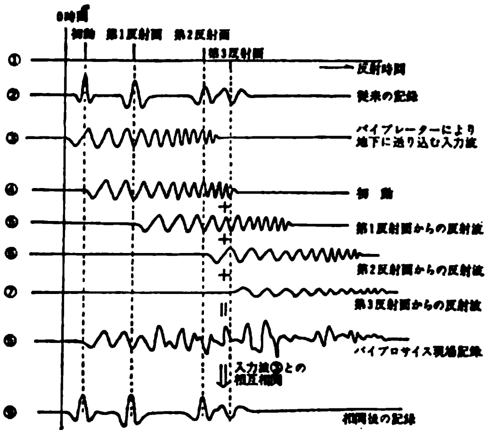
第3図　エアガンの動作説明図

第3図に米国ボルト社製のエアガンを示す。動作は空気圧縮機で作った約150気圧の圧縮空気をエアガンのチャンバーに蓄え，電気信号でソレノイド弁を動作させ，空気のバイパスにより，平衡をくずし，ピストンを上方へ瞬時に移し，空気放出口を通じ高圧空気を急激に海中に放出し音波を発生せしめる。ソレノイド弁が閉じるとピストンは高圧空気で急速に下に押しつけられ，チャンバーに再び高圧空気が蓄えられる。発震は電気信号で1ミリ秒程度の精度で正確に制御出来る。又発震波形の再現性も極めて良く，データ処理の際有利である。発震エネルギーは型式・容量によるが，単位では0.1～数 Bar/m 程度である。発震波形は放出された空気が気泡振動を生じ，最初の発震以外に副次的に発震し，記録に悪い影響を及ぼすので，空気容量の差異により，副次発震の周期が異ることに着目し，チャンバー容量を変えたものを複数個配列し，最初の発震エネルギーを強めるとともに副次発震を相互干渉させ弱めて急峻なインパルスを発震する同調配列方式(Tuned Array) を用いる場合が多い。出力も数十 Bar/m に達する。耐久力は BOLT 社の600B型では5万回以上の発震に充分耐え得るものである。

バイブロサイス®は米国 CONOCO 社の特許になるもので，他の震源がインパルスを発生するのに対して第4図③に示すように時間とともに周波数が変化する連続波（Sweep 波）を発震する。受振信号と

相互相関係数を計算することにより発震波形と無関係な雑音を除去するとともに反射時刻を検出することが出来る。この方法はチャープ・レーダーと呼ばれるレーダー技術が起源といわれている。生物界では蝙蝠（こうもり）が超音波により同様の事を行っているといわれている。

バイブロサイスでは発振器で発生した Sweep 信号―時間とともに周波数が増加するのをアップスィープ，減少するのをダウンスィープと呼ぶ―で油圧ポンプを駆動制御する。油圧ポンプは地表に押し着けられたプレートに取り付けられたピストンを駆動し，連続地震波が発生する。なお，S波を発生するために地表にスパイクを喰い込ませ横方向に発震させる型のものも実用に供され始めている。



第４図　バイブロサイス記録の概念図
物理探鉱技術協会　物理探鉱用語辞典より

一般に非爆薬震源は出力が小さいので複数個用いる。エアガンでは波形の制御も含めて数個から30個くらい，バイブロサイスでは４～５台を表面波の干渉による減少（空間フィルター効果）を意図するため適当な距離を取り用いる。

Ⅳ-1・2　受振器

受振器は陸上用と海上（水域）用に分類される。

陸上用には動電型が多用される。磁石による磁界の中にバネで保持されたコイルが地面の振動で磁界に対して相対運動を生じ，起電力を生ずる。用途にもよるが通常固有振動数を数 Hz 以下に設計し，地振動の速度に比例した出力を得るように作られている。強い表面波を弱め，微弱な反射を強めるため12～48個を群とし，30～120m 程度の広がりで設置する。群設置による空間フィルターの振幅特性は直線等間隔配列の場合

$$A=\left|\frac{\sin\left(n\pi d/\lambda_H\right)}{n\sin\left(\pi d/\lambda_H\right)}\right| \qquad (1)$$

但し n：受振器の個数

d：受振器の間隔

λ_H：地表での見掛波長

反射波が通常下から到着するので見掛波長は極めて大きい（無限大）のに対して表面波の波長は短い。

(1) 式は震源側で考慮しても同じである。但し・孔数を増すことは経済的でない。

なお反射波は球面発散であるのに表面波は平面発散であるため反射波より表面波の方が減衰が少いことは自明である。

海上で水深約10m 以深ではストリーマーケーブルと呼ばれる長大なものが用いられる。通常１群は長さ50m 程度で直径が約５cm の PVC 製のチューブの中に圧電素子（チタン酸ジルコン酸鉛セラミック）よりなる圧力型受振器を30個前後配列し，絶縁・圧力媒体・浮揚体としてのケロシンとともに封入してある。曳航に耐え得るようにストレスメンバーが入れてある。これを通常48群連結して用いるから2400m にもなる。50m で２群のものもあり，この場合2400m で96群になる。使用方法は全体を中立浮揚性とし，魚雷状の深度調整器をつけて水面から10m 乃至15m 程度の一定深度を５ノット乃至８ノット程度の一定速度で曳航する。現在ではケーブル中を伝わる雑音を低減せしめる加速度相殺型素子が用いられ曳航雑音の著しい低減が可能となった。

浅海や湿地では圧電素子を水密型容器に入れた型式のものが用いられる。

IV-1・3　地震探鉱機

現在では地震波の振幅情報が正確に記録出来るデジタル探鉱機が用いられる。これは入力信号を標本化し，その値を数値化して記録する。入力信号即ち入力電圧は高速のマルチプレッサースイッチである瞬時値が切り取られ，サンプル／ホールド回路に記憶される。この電圧はアナログ／デジタル変換器内で既知の基準電圧と比較され，信号電圧と対応する基準電圧の大きさがデジタル－として磁気録音される。標本化は時分割であって次々に異るチャネル（受振点）に割り当てられ一巡すると再び最初のチャネルに戻る。標本化の時間々隔は再生周波数との関係で決る。一般に正確に再生可能な周波数を f_N とすると，その標本間隔 ΔT との関係は

$$f_N=1/(2\cdot\Delta T)$$

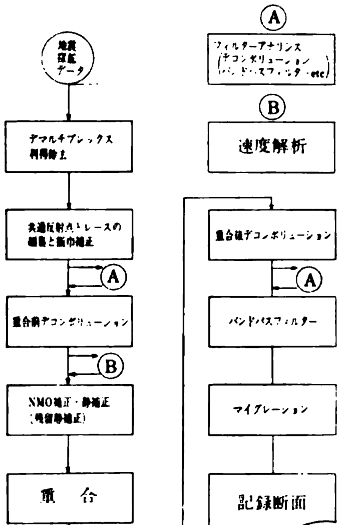
であり，通常1，2又は4ミリ秒が多用される。大入力を歪ませることなく，又小入力を内部雑音に埋没せさることなく，正確に記録するために増幅器の利得を制御するが，最新の方法は Instanteneous Floating Point Amplifier (以下 I. F. P という）による。これは前述の1標本間隔で84 db の利得調整が可能で，強い表面波で利得が減少した直後に微弱な反射信号が到着しても利得を瞬時に回復し最良の状態で録音出来る特徴を持つ。この IFP は米国のある石油会社の特許である。

磁気テープへの録音形式（フォーマット）は SEG（米国物探学会）が提案した SEG フォーマットが標準で，特にテープを有効に用いる SEG-B が多い。データの桁数は15ビットで少くとも 80 db 以上のダイナミックレンジを持つ。

最近の探鉱機には各種の自己診断機能があり，日々の整備点検に便である。

一方，三次元・高密度探鉱あるいは能率の向上という要求に応じて，500 チャネル程度の超多チャネル探鉱機が出現して来ている。受振器側にアナログ／デジタル変換器を置きデジタル化したデータを中央制御／録音装置へ時分割で送る方式であるため，データの伝送中の信号の減衰，雑音の混入がなく良好な記録が得られる。又時分割方式であるので伝送ケーブルの本数が少くてすむという長所がある。無線は使用しなくてもテレメトリーシステムと呼ばれている。

IV-2　地震探鉱データ処理



第5図　地震データ処理流れ図

現場で得られた記録には，必要な地層境界からの反射波だけでなく，地層間で生ずる重複反射，表面波等震源が原因である雑音，あるいは風・波や交通機関，工場等の振動もいっしょに記録されている。そこで情報理論，波動理論に基く処理を行い，雑音を除去し，反射波を強調し，その抽出を容易にせしめねばならない。

デジタル処理が開始されてすでに十数年にもなり，基本的な処理手法も確立され，通常処理の手順は，ほぼ世界的に共通である。この基本処理が出来て始めて，高度の特殊処理が出来るわけで，基本処理をおろそかにしてはならない。

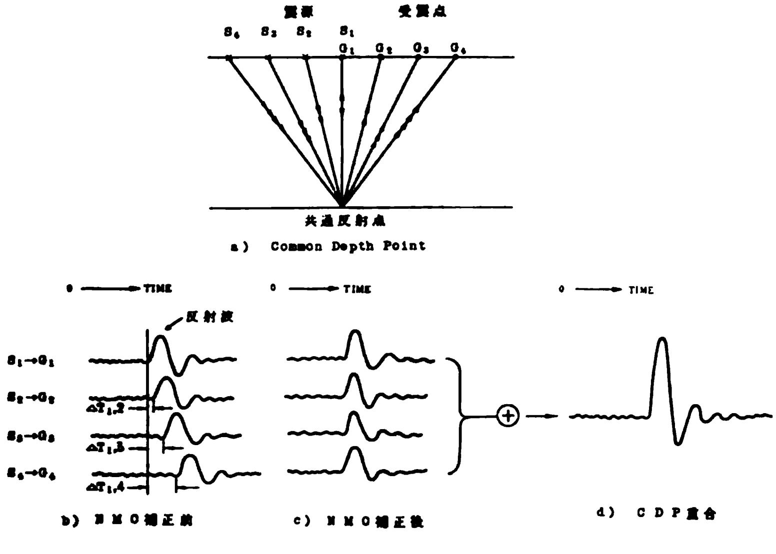
第5図に基本的なデータ処理の流れ図を示し，以下これに沿って説明する。

IV-2・1　デマルチプレックス及び利得除去

磁気テープに録音された多重チャネルのデータは時分割され，マルチプレックスされた状態である。これをチャネル毎に並べ換え1本のトレースにもどす。これはフィールドデータの行と列の入れ換えに相当し，デマルチプレックスと呼ぶ。又，利得情報を用い，入力電圧に戻す。受振器の感度がかわれば，正確な地震動の速度，あるいは音圧を知ることが出来る。

Ⅳ-2・2 共通反射点トレースの編集と振幅補正

共通反射点は通常 CDP (Common Depth Point) と呼ばれるが，第6図に示すように共通の反射点を持ったトレースをすべて編集する。多くのマルチプレックス記録を参照し，編集するので，大容量の磁気ディスクに記録を入れておくと能率がよい。



CDPとNMO(動)補正

第6図 共通反射点重合法の概念図

利得を除いた地震波は球面発散と，地層の吸収により，その振幅は時間とともに急速に減衰する。第7図 a は海上地震探鉱における減衰例である。これは定常時系列を前提とする処理に不都合を生ずるので，減衰を適当に補償する処理を行う。なお第7図 a は CDP の編集した結果を距離の順に並べたものでもある。横方向に双曲線状に連なる波が反射波である。第7図 b は振幅補償を施したもの。

Ⅳ-2・3 デコンボリューション

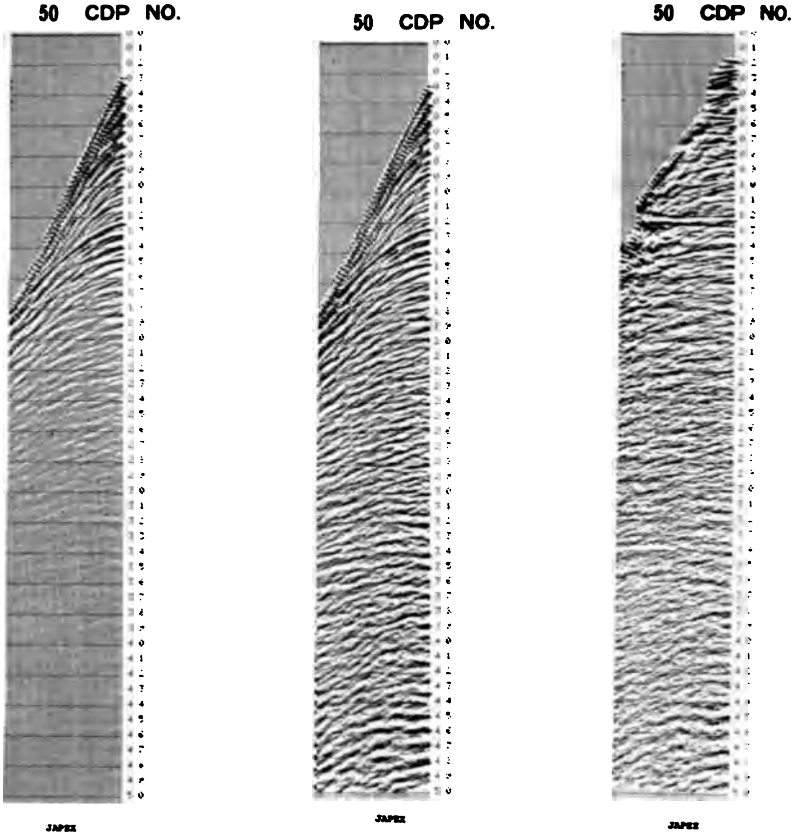
第7図 b に多くの双曲線状に連なる反射波列が見られるが，全てが一次反射ではない。

地層密度 ρ と地震波速度 V との積 ρV を音響インピーダンスと云うが，反射の大きさは，上下地層各々の音響インピーダンスの差を和で除した値に比例する。

$$Rc=\frac{\rho_2V_2-\rho_1V_1}{\rho_2V_2+\rho_1V_1} \qquad (2)$$

したがって海の場合，海面の反射係数はほぼ絶対値で1である。又海底も海水と，地層で反射係数は大きい。海中に入った地震波は，海面と海底下に停留し，水中残響となる。日光の鳴竜と同じ現象である。これが地下からの本当の微弱な反射波を被覆してしまう。この残響を除く処理がデコンボリューションである。この方法は E. A. ROBINSON 等により確立された理論で，一種の逆フィルターである。一般に逆フィルターの設計にはフィルター特性，あるいは，そのインパルスレスポンスが既知でなければならない。あるいはインプットで既知でなければならない。しかし，地震探鉱では，発震の事実と結果の記録が全てである。しかし仮定を設ける事によって，逆フィルターを求めることが出来る。①入力があって出力がある。②逆が成立する ③地層の反射面の分布は，その走時，反射系数が無規則で，定常的である。

④，インパルスレスポンス（基本波形と書いてもよい）が最小位相である。



a CDP利得除去　　b 振巾補正後　　c デコン・NMO・ミュート処理後

第7図 CDP トレースの処理過程 石油資源開発（株）物理探鉱本提供

とする。以下 ISHII (1969) の論文を引用説明する。

地震記録 x_t を理想化すると，反射系数列 ξ_t と，最小位相の波形 b_t とのコンボリューションで表現される。

$$x_t = \sum_{S=-\infty}^{\infty} b_s \xi_{t-s} = \sum_{S=0}^{\infty} b_s \xi_{t-s} \quad (b_t \equiv 0,\ t<0) \tag{3}$$

x_t の自己相関は

$$\phi_\tau = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T+1} \sum_{t=-T}^{T} x_t x_{t+\tau} = \sum_{S=0}^{\infty} b_s b_{s+\tau} \tag{4}$$

ξ_t が無規則なので b_t のみの自己相関となる。ϕ_τ のフーリエ変換は

$$\sum_{\tau=-\infty}^{\infty} \phi_\tau e^{-i\omega\tau} = \Phi(\omega) = \left| \sum_{S=0}^{\infty} b_s e^{-i\omega s} \right|^2 = |B(\omega)|^2 \tag{5}$$

ここに，x_t の自己相関から b_s の振幅特性が得られた。通常，位相特性が知られねば一般のフィルターは定まらないが，先の最小位相の仮定から，位相特性 $\theta(\omega)$ は

$$\theta(\omega) = -\frac{1}{\pi} \sum_{t=1}^{\infty} \sin \omega t \int_0 \cos ut \cdot \log \Phi(u)\, du \tag{6}$$

で一義的に定まり，よって B(ω) が直ちに求まる。したがって逆特性のフィルター A(ω) は

$$A(\omega)=\frac{1}{B(\omega)} \tag{7}$$

A (ω) を時間領域に変換すれば，デコンボリューションのオペレータが求まる。これを a_s とすれば，地震データ x_t にコンボリューションすれば

$$\varepsilon_t=\sum_{S=0}^{\infty} a_s x_{t-s} \tag{8}$$

となり，我々の欲しい地下の反射係数の分布が求まる。これは水中残響のごとき周期性をもつものは含まれない。

反射系数列が無規則であるという仮定は，確かにデコンボリューションを可能にせしめているが，デコンボリューションの結果，消えた反射波をすべて，一次反射でないと断定出来るだろうか，逆にアラビア湾岸地域でみられるペグレグタイプの重複反射がなぜデコンボリューションで消えないのか，興味ある問題である。

デコンボリューションにはこの他プレディクティブデコンボリューションがある。最近話題のウェーブレット処理は，基本波形が何らかの方法でわかった場合の手法であり，この基本波形を任意の波形に変換して処理出来るので，簡単な波形に変形して，記録の分解能を高めることが出来る。

基本波形を求めるためには海底反射，あるいは，発震波形の観測をする等の実測と，記録から統計的に求める方法とがあるが，現在のところ，実測によるものが実用化されている。

Ⅳ-2・4　NMO 補正と静補正

CPD の各トレースの反射走時は平行二層を仮定すると，

$$T=\sqrt{T_0^2+(X/V^2)} \tag{9}$$

但し　T：震央距離（震源と受振点との距離）Xにおける往復反射走時（以下走時と云う）

　　T_0：震央距離 0 の走時

　　V：速度 (RMS)

である。実はこの式は多層，あるいは多少の傾斜があっても，よく適用出来ることが確められている。

今，(9)式から T_0 を引き，差を ⊿T とすると

$$\Delta T=\sqrt{T_0^2+\left(\frac{X^2}{V^2}\right)}-T_0 \tag{10}$$

この ⊿T は震央距離が，0 でないために生ずる，走時の遅れで，これを補正すれば，震央距離があっても，あたかも震央距離が 0 の走時のごとく見なされる。これを NMO(Normal Move Out) 補正と呼ぶ。この補正をすべてのデータに対して行う。極めて多量の平方根を求めるために，プログラムに工夫がなされたり，ハードウェア化する等の努力がなされている。見掛け上の式は易しくても量が多くなると，能率向上に大変な努力，工夫がなされていることを知ってほしい。第7図 c に NMO 補正後の CDP トレースを示す。1.2秒付近に強い反射が水平になっているのがわかる。

陸上では発震点，受振点各々標高差により，あるいは速度が遅く，安定しない風化層の影響を受け，走時に乱れを生ずるので，これを一定基準面での走時に補正せねばならない。これには屈折法のデータや，浅い坑井での速度測定結果が用いられる。海上でも必要があれば行なわれる。これを静補正と呼ぶ。

これらの補正後にも，走時の乱れが残るが，反射波を利用し，CDP トレース内で相互相関により，ずれの時間を求め，統計的手法により，震源，受振点各々の補正値に振り分け，精度を高める方法も考案されている。

Ⅳ-2・5　重合 (Stacking)

NMO 補正，静補正で補正した CDP トレースを足し合せる。これを重合 (Stacking) という。もし，各トレースの対応する反射波の振幅が等しく，雑音が相互に白色で，レベルが同じならば，反射波と雑音

の比は重合数の平方根だけ良くなる。反射波の振幅は重合数倍になるが，雑音の方は情報理論上から平方根倍にしかならないからである。例えば48重合では，重合しない場合に比べ$\sqrt{48} \doteqdot 7$で7倍くらいS/Nを改善出来る。この重合は，他の分野でも，信号を抽出するのによく利用される。なお，各トレースの内容により，重みをつけて，加える方法もあり，重みつき重合（Weighted Stack）と呼ばれる。

白色でない規則性のある雑音，例えば重複反射や，表面波についても，その見掛け速度が反射波の速度と異っていれば，除去出来る。注意すべき点は，同一発震点，同一受振点の組合せで，何度も記録を得ても，それらの記録は，ほぼ相似であり，重合しても反射波対雑音比は向上しない。このような重合を垂直重合と呼び，発震エネルギーが小さい時，これを補うために用いる。通常の重合を水平重合（Holizontal Stack）といい，重合する各トレースは震源及び受振点位置が異り，経路も異ることから，発生する雑音のパターンが相互に，無関係に近ずく，これが白色雑音に対する反射の強調をもたらす。

Ⅳ-2・6　バンドパスフィルター

重合を行っても，なお残る雑音があり，それが，反射波の卓越周波数から離れておれば，この雑音をフィルターで除き，記録の改善が出来る。卓越する反射波の周波数は，場所や走時により異るので，重合記録の一部を選び，種々のフィルターを通し，その結果から最適のフィルターを選び出す。我々にとって，なじみの深い表現は，横軸に周波数，縦軸に減衰量を示すグラフ，つまり周波数領域であるが，この周波数領域の形を時間領域のオペレーターに変換し，地震波トレースとのコンボリューションでフィルターを実行する。変換の際，余弦変換を行うので，位相歪の無いフィルターが実現出来る。又，走時とともに変化する，反射波，雑音の特性に合せて，適当にフィルターを変化させることが出来る。これらは電気的フィルターでは実現不可能なものである。なお，複数の地震波トレースを入力とし，空間と時間，2次元の特性に着目する多重チャネルフィルター，例えば表面波，ストリーマーを伝わる波等の進行性の雑音を除去する速度フィルターとか，反射波の空間方向への連続性を強調するフィルターがある。前述の重合もマルチチャネルフィルターの一種である。

Ⅳ-2・7　速度解析

NMO 補正では，(10) 式を用い，補正量 ΔT を求めて行ったが，速度はあらかじめ与えられている。この速度は，坑井速度測定，音波検層，屈折法等既知の資料を用いることもあるが，通常，当該地震データから求める。その方法は，原理的に震央距離による走時の遅れ（NMO 補正量）を利用することである。ある CDP トレースのある反射波列に着目する。速度は未知だから適当な値を与えて NMO 補正し，重合する。速度の適否により反射波は強調されるか，弱められる。だから系統的に遅い速度から速い速度まで，速度を漸増しながら，その重合したトレースを順に並べれば，どの走時に対して，どの速度が適切であるか，評価出来る。第8図に例を示す。左側は重合前の CDP トレースである。右はある速度を与え，NMO 補正をし，重合（48重合）した結果出て来るトレースを次々に並べたものである。大振幅の所の走時と速度を読み取ればよい。この読み取りを計算機で行なわせる方法もある。この速度解析から求めた速度（RMS 速度）から反射層間の速度，つまり区間速度が次式により求まる。

$$V_i^2 = (V^2_{Ri}\ T_i - V^2_{Ri-1}\ T_{i-1})\ (T_i - T_{i-1}) \qquad (11)$$

V_i：　区間速度

V_{Ri}：RMS 速度

T_i：　垂直走時

速度は地層の物性を示す一つのパラメターであり，岩相，異状高圧層の推定に役立つ。

通常，数 km 毎に行うが精度を高めるために各 CDP 毎，あるいは，着目した反射面について，連続的に行う場合もある。

Ⅳ-2・8　マイグレーション

記録断面は幾何光学・波動方程式に従う地震波の，地下構造に対するレスポンスである。したがって，

下構造と記録断面の間には、位置、形、大きさが見かけ上対応しない事もある。これを1：1に対応出来るように記録断面を補正するのがマイグレーションである。（第9図参照）

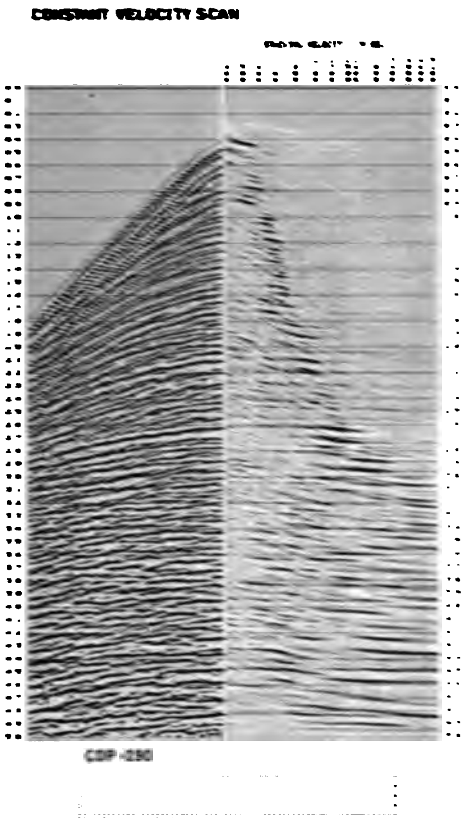
方法は二つあって、一つは、走時、見掛傾斜、速度を直接用いるもので、深度断面を直接作図することも出来るし、記録断面上でも行う事が出来る。後者はディフラクションマイグレーションと呼ばれるものである。

もう一つは最近開発され現在も改良が加えられているスカラーポテンシャルによる波動方程式を用いるマイグレーションである。今波動方程式を

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 P}{\partial z^2}=\frac{1}{V^2}\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \qquad 12$$

と書く。Pは、音圧ポテンシャル、Vは音波の伝播速度である。音圧ポテンシャルPは位置と時間の関数となっている。これを解き地下の任意の点の音圧を求めるわけである。

いずれのマイグレーションも速度が式の中に入っており、マイグレーションの結果は、速度に影響される。又、記録は三次元の構造からのレスポンスであるが、取扱いそのものは、通常二次元として、扱って居り、位置、速度等に問題を生じており、近い将来、高精度地震探鉱の中での、三次元のマイグレーションは必須となろう。第10図に2次元マイグレーションの例を示す。



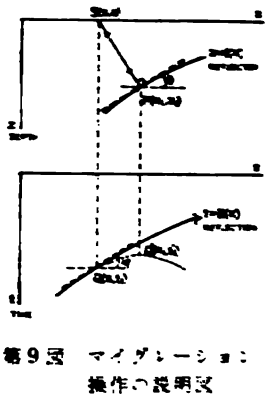
第8図　速度解析 1
石油資源開発（株）物理探鉱本部提供

以上基本的なデータ処理を説明したが、その多くは、情報理論の応用が基本となっている。その意味でデータ処理の中に波動論を持ちこんだ波動方程式によるマイグレーションは、大変意義深いものがある。

7-3　解釈

本来、データ処理の中には、処理パラメタを決定する際、解釈を合せ行っているわけで、自動的に記録断面が出来るわけではない。記録断面は、ある考えに基づく産物である。したがって解釈で問題があれば、再処理、あるいは問題に合せた特別な処理を行う。その意味では、通常の記録断面も、地震探鉱の最終結果ではない。

記録が多少悪かろうと、背斜構造は一目でわかるが、層位封塞型構造は記録が良くても、注意深く観察しなければ見落す。既成の油田の発見にまつわる失敗・成功談は多数ある。

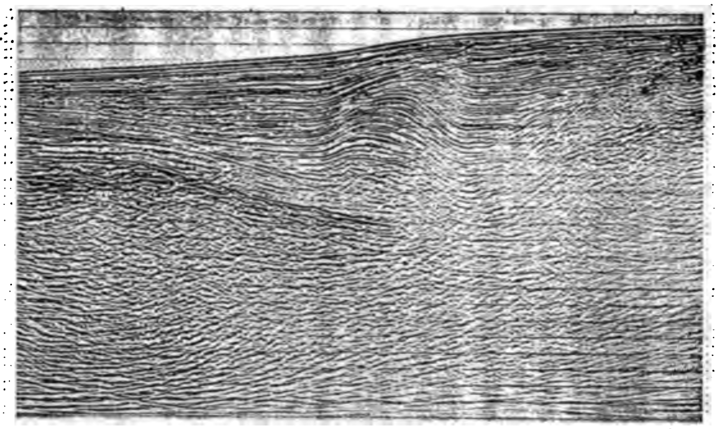


第9図　マイグレーション操作の説明図

背斜といえども、新し過ぎる堆積、あるいは形成では、石油があるとは限らない。したがって関係する、地質、物探、坑井あらゆる既存の資料・情報を集めることである。独断と偏見は捨てねばならない。

さて記録断面からどんな情報が得られるだろうか。

7-3・1　震探層序学（Seismic Stratigraphy）



第10図　波動論的マイグレーション処理を行なったもの
井川猛他物理探鉱におけるデータ処理システムの進歩，物理探鉱 Vol. 4 31, 4 (1978) より

最近の現場機器を含めた現場技術の革新，電算機を含む処理装置の発展は，地震データ処理の精度を高め，記録断面の精度，分解能を飛躍的に向上せしめ，単に背斜構造の検出に止まらず，層序，堆積環境について言及することを可能にせしめた。堆積盆地における石油・天然ガスの探鉱活動で得られた地震探査の結果，坑井地質，層序，音波検層他多くの資料と経験を根源に，ここ数年，震探層序学 (Seismic Stratigraphy) の分野が急速に発達した。この分野の草分けである VAIL 等の論文をたどってみよう。

「震探層序学 (Seismic Stratigragh) とは震探記録から解釈出来る物理的層序(Physical Stratigraphy) 及び堆積相 (Depositional Facies) を研究する学問である」

記録断面上の反射波の形状，パターンから識別し得る層序のパターンを摘出分類し，対比や，堆積環境 (Depositional Environment) の解釈や，岩相 (Lithofacies) の推定を行う。層序パターンを大きく分けて

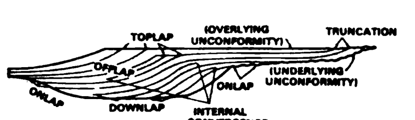
① 堆積上の不連続面に沿っての地層の消失。

② ①の不連続面に狭まれた部分の成層形状。

である。①は堆積のシーケンスの識別に役立つ。又②の内では成層形状の解釈は正に震探解釈の主要部である。

①は震探シーケンス解析 (Seismic Sequence Analysis) であり②は震探相解析 (Seismic facies Analysis) である。

記録断面の注意深い解析の結果から，地質時代における堆積環境，あるいは相対的な海水準 (海進・海退) を導き出し得る事を示した。



—Seismic stratigraphic reflection terminations within idealized seismic sequence.

第11図　after R. M. MITCHUM, Jr., P. R. VAIL, and J. B. SANGREE AAPG Memoire 26

第11図は典型的な震探シーケンス内の反射位相の消長を示す。第２表は震探相パラメタの地質的解釈を，第３表は震探層序に用いられる反射パラメタ及び対応する地質的特徴を対比してある。

第12図 a に VAIL と MITCHUM が行った震探層序の解釈例と，第12図 b にこれから導き出された年代層序断面 (Chronostratigraphic section) を示す。

一枚の記録断面から，集油の可能性のある構造の有無の

第2表 Geologic Interpretation of Seismic Facies Parameters

REFLECTION TERMINATIONS (AT SEQUENCE BOUNDARIES)	REFLECTION CONFIGURATIONS (WITHIN SEQUENCES)		EXTERNAL FORMS (OF SEQUENCES AND SEISMIC FACIES UNITS)
LAPOUT	PRINCIPAL STRATAL CONFIGURATION		SHEET
BASELAP	PARALLEL		SHEET DRAPE
ONLAP	SUBPARALLEL		WEDGE
DOWNLAP	DIVERGENT		BANK
TOPLAP	PROGRADING CLINOFORMS		LENS
TRUNCATION	SIGMOID		MOUND
EROSIONAL	OBLIQUE		FILL
STRUCTURAL	COMPLEX SIGMOID-OBLIQUE		
CONCORDANCE	SHINGLED		
(NO TERMINATION)	HUMMOCKY CLINOFORM		
	CHAOTIC		
	REFLECTION-FREE		
	MODIFYING TERMS		
	EVEN	HUMMOCKY	
	WAVY	LENTICULAR	
	REGULAR	DISRUPTED	
	IRREGULAR	CONTORTED	
	UNIFORM		
	VARIABLE		

afer R. M. MITCHUM et al. AAPG Memoire 26

第3表 Seismic Reflection Parameters Used in Seismic Stratigraphy, and Their Geologic Significance

SEISMIC FACIES PARAMETERS	GEOLOGIC INTERPRETATION
REFLECTION CONFIGURATION	● BEDDING PATTERNS ● DEPOSITIONAL PROCESSES ● EROSION AND PALEOTOPOGRAPHY ● FLUID CONTACTS
REFLECTION CONTINUITY	● BEDDING CONTINUITY ● DEPOSITIONAL PROCESSES
REFLECTION AMPLITUDE	● VELOCITY-DENSITY CONTRAST ● BED SPACING ● FLUID CONTENT
REFLECTION FREQUENCY	● BED THICKNESS ● FLUID CONTENT
INTERVAL VELOCITY	● ESTIMATION OF LITHOLOGY ● ESTIMATION OF POROSITY ● FLUID CONTENT
EXTERNAL FORM & AREAL ASSOCIATION OF SEISMIC FACIES UNITS	● GROSS DEPOSITIONAL ENVIRONMENT ● SEDIMENT SOURCE ● GEOLOGIC SETTING

after R. M. MITCHUM, Jr., P. R. VAIL, and J. B. SANGREE AAPG Memoir 26

判断のみでなく，堆積にかかわる過去の環境，歴史がわかるとは，素晴しい事である。むしろ，そのような解釈の中からあらためて，集油構造について論ずることになろう。

IV-3・2 震探模型 (Seismic Modeling)

水平距離と反射走時の空間で示される通常の記録断面は，地下構造をよく反映するが，幾何光学，波動論に基きふるまう地震波の地下構造のレスポンスを示すものであるから，実際の構造の位置，形，大きさが単純に対比出来るとは限らない。そこで地質構造モデルを作成し，これから得られる記録断面上で，如何なる地震波パターンを生ずるかを調べ，実際の記録断面と比較しながら，より精確な解釈を試行錯誤的に進める手法が考えられる。この手法には実際に模型を作る模型実験と，計算機によるシミュレーションがある。

実際の記録断面は種々の因子が重畳した結果を示しており，何が本質にかかわる重要な因子か，分離がむづかしい。これに対して，震探模型では，因子を単純化出来る。物理的法則でもって因子をかなり自由に制御出来て，ある現象についての因果関係を明確にとらえられる長所をもつ。探鉱の困難さの高い層位封塞鉱床の探鉱，費用の高い三次元地震探鉱について，震探模型による計測方法，データ処理手法，解釈の研究を行うことは経済的であるし，よいトレーニングになる。

さて震探模型の製作に当って考慮しなければならない点は，スケーリング（縮尺）である。現寸に対する模型の縮尺よりも，地震波長と構造の大きさとしてとらえる必要がある。模型実験を室内で行うとすれば，1000m を 1 m くらいに考えると，縮尺は1000分の 1 となるが，現実では数 Hz～数十Hz，波長が数十m～数百 m の地震波に対して，模型では各々数 K Hz～数十K Hz，波長が数 cm～数十cm としなければならない。要するに寸法ばかりでなく，現象に関する物理量をすべてに合理的に縮尺する必要がある。ここでは超音波の技術が適用出来る。

又模型の形について，三次元模型に対して製作，費用，場所の点で有利な 2 次元模型（板）が OLIVER 等により提唱され，筆者も使用した事がある。第13図に単純な境界面の反射例を示す。この程度のものでも現象を直観的に理解出来る利点はある。しかし，現実に任意の模型を製作することは，特に多層構造模型を製作することは，材料の選択の不自由さ，加工及び接着の難しさ故，至難の業といえる。この面での技術改良が待たれる。

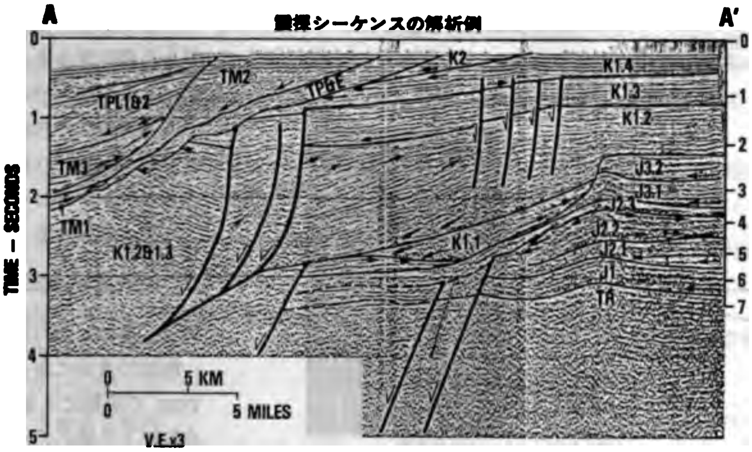
これに対する計算機によるシミュレーションは，良いディスプレイ装置が出現した事もあり，急速に発達し，プログラムとして市販されているものもある。技術水準としては幾何光学の範囲，縦波の取扱いの出来るもの等種々あり，探鉱技術者の教育訓練にも利用出来る。将来，波動方程式マイグレーションと表裏をなす波動方程式シミュレーションの組が出来るであろう。

V 綜合解釈とデータベース

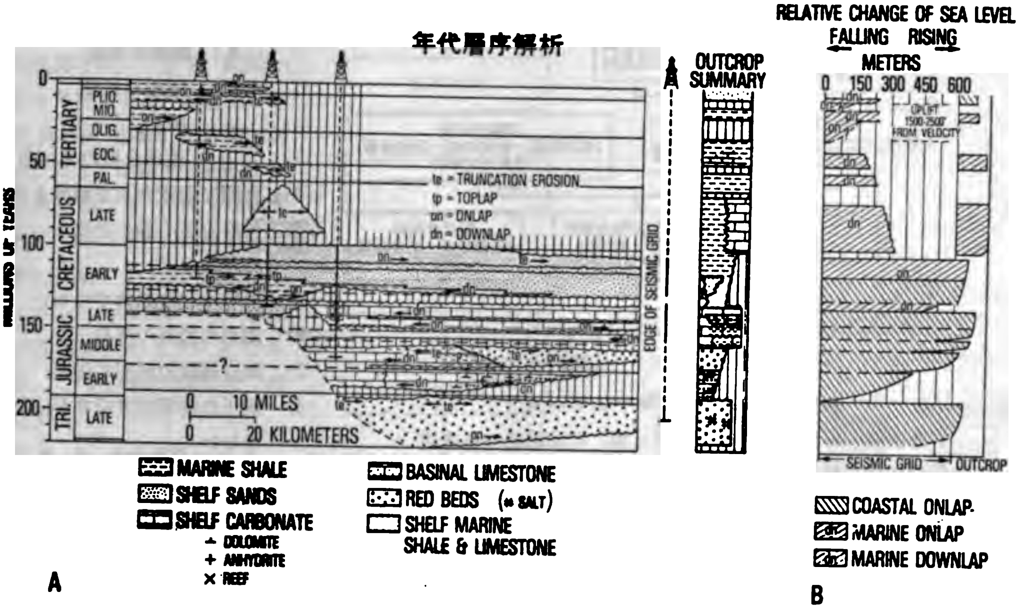
地震探鉱，重力探鉱，磁気探鉱は各々，地層の持つ速度，密度，磁性と各々異った物理量を情報として，地層の堆積，構造を把握しようとするものであるから，総合比較することは，理論的に知れる条件についての Yes, No あるいは And, Or の条件から解釈の精度をあげることが出来る。又，各々の方法が万能ではないから，不足の部分は補い合わねばならない。

例えば，貫入岩による，盛り上りは，地震重力，磁力，いずれも同じ傾向を示すだろう。しかし岩塩ならば，比重が少さいこと，帯磁率が小さい事から，重力，磁力は凹を示し震探結果の凸とは逆になるだろう。地震探鉱では測定出来ない厚い堆積盆地も，重力，磁力ならば推定計算出来る。又，関連する資料は参照利用されるべきで，特に坑井資料は点であるが，実物であるだけに極めて信頼性の高いデータで，これを用いて物理探鉱データの再処理，再解釈が出来る。

第14図に総合解釈システムの一例を示す。この図は上から下に流れる形であるが，実際は，フィードバ

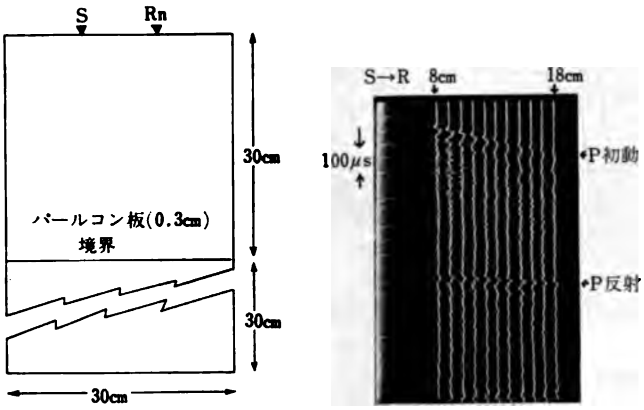


第12図 a　Seismic sequences, Line A-A′ offshore western Africa
Sequence boundaries shown by black lines. Arrows mark cycle terminations of onlap, downlap, and truncation which provide criteria for recognition of sequence boundaries, Local occurences of toplap also shown by arrows.



第12図 b　Chronostratigraphic correlation section and relative change of sea level chart. Section A, constructed by plotting geologic time against distance, is summary of relations of sequences to bounding unconformities, correlations to geochronologic units, hiatal, gaps along unconformities, facies and environment, and well a outcrop control. Chart B shows regional relative changes of sea level based on measurements of coastal aggradation and other information summarized on section A

第12図 after R. M. MITCHUM, Jr., and P. R. VAIL AAPG Memoire 26



第13図　震探模型実験（S 41.2）

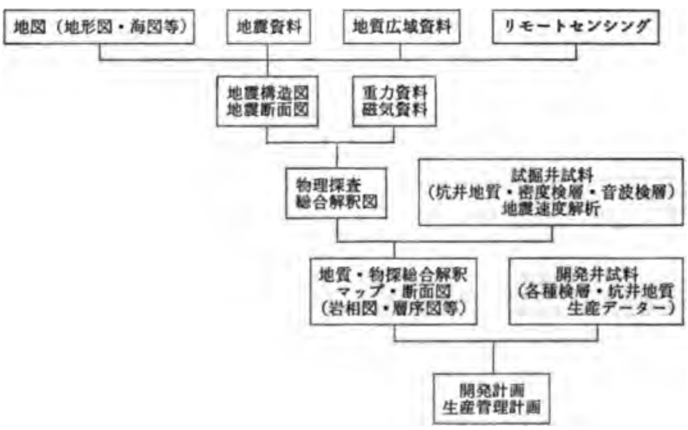
ックが常事行なわれ各部に入る情報も正確になるとともに増加する。ここにはデータベースの思想が入っていなければならない。資料が単にあるだけでは有機的に機能しない。少くとも，欲しい時にそれが，見られることである。

VI　重力探鉱

VI-1　重力と重力異常

地球の表面にある物体は NEWTON の法則による引力と地球の自転による遠心力が働く。この2つの力の合力が重力である。式で示すと

$$g=\sqrt{\left(K\frac{M}{R^2}\right)^2+(\omega^2\ R\cos\varphi)^2-2K\frac{M}{R}\omega^2\cos\varphi}\qquad(13)$$



第14図　総合解釈システムの一例

石油公団・石油開発技術センター編，石油鉱業の技術講座（一部加筆）（1976）より

但し　K：　万有引力常数6.67 $\times10^{-8}$ c. g. s

R：　地球の半径

M：　地球の質量

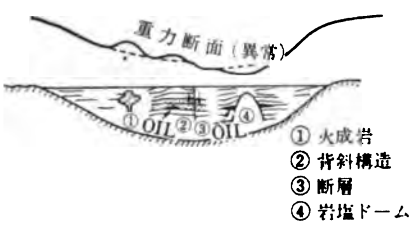
φ：　緯度

ω：　地球自転の角速度

しかし実際に地球表面で観測される重力値は上式の通りとはならない。その理由は

1)　地球は完全球体ではない
2)　測点の標高の差異
3)　測点周囲の地形の凹凸
4)　地下の物質密度分布が一様でない

である。



第15図　重力異常と地下構造

石油資源開発(株)物理探鉱技術セミナー（1972）より

重力探鉱ではこの4）を寄り所として地下構造を推定するものである。則ち観測したデータから1)～3)の影響を補正除去すれば残りが4）である。これが重力異常である。この重力異状とその原因となる地下構造の関係を第15図に示す。①の火成岩は周囲の堆積岩よりも密度が大きいために高い重力異状を示す。②の背斜構造は相対的に古い又は深い地層，これは一般的に新しい又は浅い地層よりも密度が大きいから周辺より高い重力異状を示す。③の断層構造では相対的に上った側が，新しい堆積で埋められた下

った側より高い重力異状を示す。④の岩塩ドームは岩塩の密度は堆積層のそれより近いから低い重力異常を示す。又，全体の傾向として重力異状が両端に向って高く，中央部分が低いのは堆積盆地で盆地周辺より軽い堆積層の存在を示すものと解釈出来る。実際には模式図ほど単純ではないがこのように重力異常の原因を求めることが，解析・解釈である。

重力異常に対して基準となる重力値は地球を回転楕円体と考え，世界各地で観測した結果に基き求められた。

$g_0 = 978.049\ (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 \varphi)$

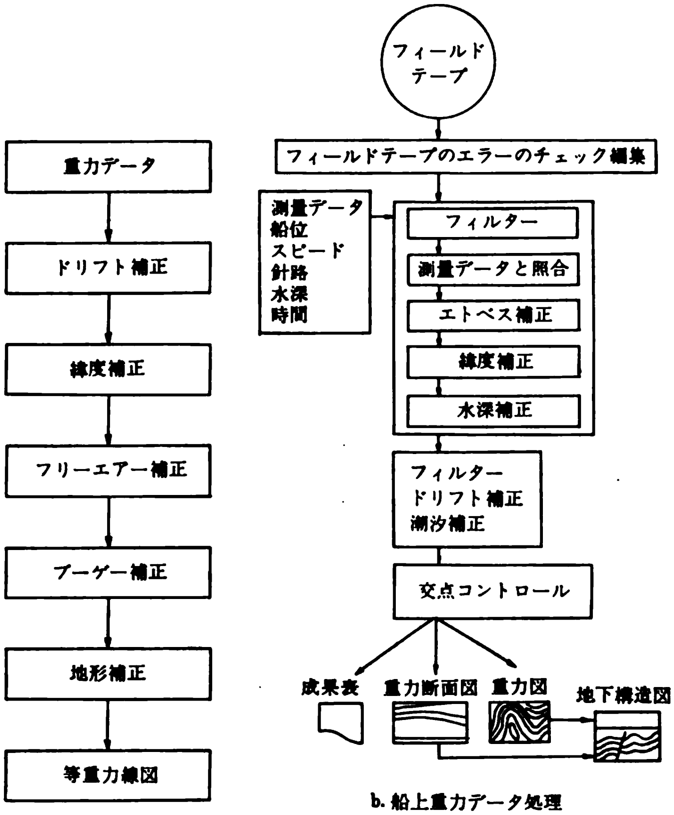
これが1930年の国際標準重力式である。この補正量は南北方向 1 km につき九州南方の北緯30° で約0.7ミリガル，北海道北部の45°では最大の0.81ミリガルである。

VI-2　重力探鉱データ処理

前項の 1)～3) に起因する補正を行い 4）を求める処理の流れ図を第16図 a に示し各補正について説明する。

VI-2・1　ドリフト補正

重力計に個有のドリフト及び月・太陽の位置による影響 (Diurnal Drift) を除去する補正。Diurnal Drift は潮汐の原因と同じであり，時間とともに変化する。又場所により異るが理論的に計算出来る。但し，地球を完全剛体と仮定するので，実測とは多少異る。同一点で時間経過後に測れば全ドリフトがわかり，これから Diurnal Drift を除けば重力計のドリフトであり，これを通常時間比例で補正する。



a 陸上重力データ処理

b. 船上重力データ処理

石油資源開発(株)物理探鉱部物理探技術セミナーテキストより (1972)

第 16 図

VI-2・2　緯度補正

前項の国際標準式に基き緯度による差異を補正する。

VI-2・3　フリーエアー補正

ある標高で測定された重力値を基準面（一般には平均海水面）の重力値に直す補正。観測点と基準面の間には物質が無いと考えるのでフリーエアーの名称がある。標高をHとすると，補正値は0.3086 H ミリガルである。

VI-2・4　ブーゲー補正

観測点と基準面との間の地層の影響に対する補正で，高さを H，密度を ρ とすると補正値は −0.0419 ρH ミリガルで負である。なおフリーエアー補正も標高に関する補正であるので，ブーゲー補正と合せて

標高補正という。補正値は (0.3806−0.0419ρ) H ミリガルである。

VI-2・5 地形補正

観測点周囲の地形の起伏に対する補正である。近傍の影響が大きい。(距離の自乗分の1で効くので)

VI-3 海上重力探鉱データ処理

第16図 b にデータ処理の流れ図を示す。陸上と比較し，補正項目が多い。以下，海上重力探鉱に特有な項目について説明する。

VI-3・1 データの検査・編集

フィールドデータには記録装置で生ずる誤り・データ読取り不可能等の誤りがあるからこれを修正する。又，重力関連データと他のデータ，例えば，航測データ，磁力データ等と分離する。

VI-3・2 重力・測量関係データの連携編集

後述する各種補正計算に必要な測量関連データと，重力データとを照合編集する。

VI-3.3 フィルター・補正処理

船の上下動による加速度と重力加速度とが重畳している測定値から重力加速度を分離する。分離には船の上下動の変化が数秒から2～30秒であるのに対し，地下構造の変化は構造の大きさにもよるが，1～2 km 程度の波長に対して400～800秒となるので高周波遮断フィルターを用いればよい。但し，船の上下動による加速度の大きさは重力加速度に比べ，1～10万倍にも達するのでフィルターは極めて鋭いものが必要である。このフィルターには，通常位相歪のないフィルターが用いられる。

VI-3・4 エトベス補正

重力は地球の引力と地球自転による遠心力の合力である。したがって船の航行により遠心力の増減が生ずる。これを補正する事をエトベス (EÖTVES) 補正といい，次式で計算される。

$$E=7.5074\ V\ \sin\theta\cdot\cos\varphi+0.0416\ V^2 \qquad (15)$$

但し V: 船の速度（ノット）

θ: 船の進路を北から時計廻りに測った角度

φ: 船の位置の緯度

ノット以外の速度を用いる時は係数が変る。

式の右辺第一項から直ちに赤道で最大，両極で最小の補正量を示すこと，東西方向の航行で最大の，南北方向では最小の補正量となることを示す。又，西向の航行はエトベス補正を小さくすることがわかる。日本近海では東西方向に1ノットで航行する時の値は約6ミリガルである。それゆえ，1ミリガルの精度を得るためには船速を少くとも0.1ノットの精度で測定出来ねばならない。

ここに船位・船速・進路のデータが必要なことがわかる。

VI-3・5 水深補正

海水の比重は約1であり岩石の比重より小さいので，岩石の比重差分だけ補正しなければならない。

VI-3・6 交点コントロール

海上調査では海上地震探鉱調査と同時に行う事が多く，格子状に測線が出来て測線の交点で複数回の値が得られるが，補正後でも値が一致しない場合が多い。ダイナミックな要素のある船上重力では不一致の原因を求めることは困難である。そこで全体の交点の値を特に決める必要がある。多くは最小自乗法を用い決める。

VI-4 等重力線図の作成

熟練した物理探鉱技術者による方法と計算機を用い自動作図プログラムと X Y プロッターの組合せによる2つの方法がある。技術者による場合は地質に関する情報等を念頭におき，データの内挿も曲線を描くのもデータの密度に応じた次数で等重力線が描かれる。しかし同じデータでも人により異るものが出来る。計算機を用いる場合はプログラムの差が出る。不等間隔で与えられたデータを格子点のデータに換算

ーる方法と，直接整数の重力値を示す X・Y 座標を計算する方法があるが前者の方が多い。データの内挿計算も一次式の簡単なものもあるが現在は多項式を用い，対象点付近の傾向面をとらえ，これを考慮して求める方法が用いられる。

r-5 解析

重力異常から地下構造を一義的に求めることは極めて困難であるが，なおこれを求めようと云う試みはなされおり，かなりな成功を得ている。その方法は大別すると，地下に幾何学的モデル構造を想定して地表における重力異常分布を求め，逆に実際の分布に近い構造を推定する方法と，フィルター操作等により構造に分離し地下構造を直接的に求める方法がある。

前者は，モデルフィッティングとして電算機と会話型式グラフィックターミナルを用いて速やかに出来るようになった。後者について HAGIWARA (1969) の報文を引用説明する。

比重差 $\Delta\rho$ を持つ地層面が，ジオイド上の座標 (x, y) の地下 D-h (x, y) の深さにあると，もし D≫ h (x, y) | ならば，重力異常は

$$g(x, y)=2\pi K\Delta\rho\int\int_{-\infty}^{\infty}\Phi(\xi, \eta, D)\, h(x-\xi, y-\eta)\, d\xi\, d\eta \qquad (16)$$

と近似出来る。

但し，K: 万有引力常数

$$\Phi \text{ は } \Phi(\xi, \eta, D)=\frac{D}{2\pi\,(x^2+y^2+D^2)^{3/2}} \qquad (17)$$

ここで g, h の x, y に関する Fourier 積分変換を用い(16)の逆変換を求めると

$$h(x, y)=\int\int_{-\infty}^{\infty}\Psi(\xi, \eta, D)\, g(x-\xi, y-\eta)\, d\xi\, d\eta \qquad (18)$$

となり

$$\Psi(x, y, D)=\frac{1}{S_1 S_2}\int_0^1\int_0^1 \exp\left\{\pi D\sqrt{\left(\frac{p}{S_1}\right)^2+\left(\frac{q}{S_2}\right)^2}\right\}\cdot\cos\frac{\pi px}{S_1}\cdot\cos\frac{\pi qy}{S_2}\,dp\,dq \qquad (19)$$

で与えられる。S_1・S_2 は各々経度緯度方向の格子間隔でである。なお $S_1=S_2$ の場合の Ψ の数表が SAITO and TAKEUCHI (1964) によって発表されている。

さて実際の地層は2層でなく多層で，しかも，探鉱対象は深い地殻でなく浅い構造である。従って $\Delta\rho$, D を仮定することは大きな問題である。坑井，地震探鉱等他からのデータがあれば都合がよいが，なければ仮定から定性的な判断を引き出すことになろう。一つの方法に重力異常が種々の波長の異常の和であると考え，波長の短いものは浅い構造，長いものは深い構造によるものと考え，フィルターで分離し，三層構造として求めるものがある。これらは更に多層構造にも拡張されよう。

あとがき

解説の内容にいささか偏りがあったり，散漫な部分もあったり，力不足を感ずる次第です。地震探鉱に重みがついたのは，他の方法に比べ直接的で高い精度の情報が得られること，又調査・処理の単価も高いという技術的・経済的な重みに従ってしまったためである。

なお本解説を書くに当り，貴重な資料を提供して下さった石油資源開発株式会社の御配慮に心から感謝いたします。又助言をいただいた石油開発技術センターの諸氏に感謝いたします。

参考文献

1) 物理探鉱技術セミナー・テキスト (1972)：石油資源開発(株)物理探鉱部.
2) 物理探鉱十年周記念号(1958)：物理探鉱技術協会.
3) 物理探鉱二十周年記念号 (1969)：物理探鉱技術協会.

4) 物理探査における測定機器及び測定法特集号，(1973)：物理探鉱技術協会，物理探鉱第26巻第6号.
5) コンピューター利用の現状特集号 (1978)：物理探鉱技術協会，物理探鉱第31巻第4号.
6) 井川 猛他(1978)：地震探鉱におけるデータ処理システムの進歩，物理探鉱 Vol. 31, *4*.
7) 石井吉徳 (1969)：地震探査（反射法)，物理探鉱二十周年記念号.
8) 加藤元彦 (1975)：重力分布，磁力分布と地下模型，物理探鉱，第28巻第5号.
9) MITCHUM, R. M. et al. (1977) : Seismic Stratigraphy and Global Change of Sea Level, Part 2 : The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. AAPG Memoire *26*.
10) ————, ——. (1977) : Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 7 : Seismic Stratigraphic Interpretation Procedure, AAPG Memoire *26*.
11) 萩原幸男 (1969)：重力探査，物理探鉱二十周年記念号.
12) ROBINSON, E, A. (1967) : Predictive decomposition of time series with application, to seismic exploration Geophysics Vol. 32, *3*.
13) 石油鉱業の技術講座 (1973)：石油公団・石油開発技術センター.
14) TODD, R. G, et al. (1977) : Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 8 : Indication of Upper Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous Seismic Sequences in Gulf of Mexico and Offshore West Africa AAPG, Memoir *26*.

(1979年10月16日受理)

書評と紹介

「日本の二畳系ならびに三畳系におけるコノドントとナマコの骨片による生層序」（鹿沼茂三郎教授退官記念論文集）Biostratigraphy of Permian and Triassic Conodonts and Holothurian Sclerites in Japan 東京学芸大学地学教室内鹿沼茂三郎教授退官記念会編，1979，4刊，178頁。

鹿沼茂三郎教授は景揚の号でも知られ，長く教育界に籍をおかれてその方面に多大の貢献をされると同時に，紡錘虫を主体とする古生界，とくに中部日本濃飛地方の生層序学を究めてこられた方である。その鹿沼教授の退官を記念して門弟が寄り集い，「日本の二畳系ならびに三畳系におけるコノドントとナマコの骨片による生層序」を編纂し，師に捧げたのが，ここに紹介する論文集である。

日本の紡錘虫研究が，わが国の古生物学や生層序学を代表するかと思わせるほどの全盛期を迎えたのは，ちょうど教授によるその方面の論文が次々と発表されていた頃であった。その後，研究テーマも研究者も少なくなってくる傾向がみえてくるや，いち早く次代を担う生層序学のツールとしてのコノドント類に注目し，その専門家を育てる場を提供した教授の研究室とその周辺は，いわばわが国が今日あるコノドント時代を築きあげるルーツであったといってよい。

そもそも，わが国の研究者にコノドントなるものの層序学上の有効性を深く認識する目を開かせてくれたのは，1962年にドイツから訪れたK. J. MÜLLER教授である。その時彼は，当時東京大学在職の佐藤正現筑波大学教授や筆者らの案内で，葛生地区をはじめ関東各所の産出可能地を巡り，途中腹痛で寝込むなどのハプニングにもめげず，その検出を期したのであった。しかし，不思議なことにその時は，アド山層のチャートからさえも現場では何一つ見出すことができずに終った。

それでもなお彼は，日本からもコノドントは必ず見つかるという見通しを捨てず，若干の朝鮮半島からの材料などとともに岩塊を持ち帰った。それらを検討した結果は，やはり彼の予想が正しく，同時にまたわれわれ日本の研究者の期待もたがわず，わが国初産出のコノドント化石の記載論文が，日本古生物学会報告・紀事新編第55号に寄せられたのであった。おまけとして古生代ナマコの骨片化石も検出されており，まさに当紹介論文集の根源になったといってもよい。1964年のことである。

このような事情は，当然のことながら当時の国内研究者，とくに若手の古生界研究者の何人かをいたく刺激した。林信悟は足尾山地で早速コノドント探索を進め(1963，1964他)，また在米中すでにコノドント研究に手を染めていた現筑波大学の猪郷（兄）（当時は東京教育大学）も，いち早く国内のみならず東南アジア地質・古生物調査の一環として，コノドント層序学にのり出していた。

このようにして，当紹介論文集の第1論文冒頭に猪郷（弟）が記しているように，東京学芸大学において鹿沼教授の薫陶を受け，猪郷（兄）らと密接な協同研究態勢をとっていた小池（現横浜国立大学）はそのコンビをもって青海石灰岩から石炭紀のコノドントを調査研究し，日本人として初めてそれらの古生物学的記載を発表した。これもまた1963年（邦文），1964年（英文）のことであった。

東南アジアの材料については，1965年以来猪郷（兄）・小池らを中心に，オルドビス紀から三畳紀にわたる多くの層準からの報告が相継いで公表され，野上らの仕事も加わって東アジア地域の微古生物層序学の開拓に多大の貢献があった。古生物学的な面では，野上（MÜLLER & NOGAMI，1971：京大理紀要地鉱38巻）によるコノドントの微細構造に関する研究が注目を浴びた。

このような経緯をふり返ってみると，わずか15年程度という短い期間に，わが国のコノドント研究はずい分急速に進展したものである。日本列島の構造発達史を新たな層序と構造解析から見直そうとする総括的な解説論文を連続執筆中の木村(1979：日本列島—その形成に至るまで—第1巻，第2巻上，古今書院）の中で随所にみられる古・古生層の時代論は，こうしたコノドント研究の進

展に大きく依っていることが，それを何よりも雄弁に物語っている。

当紹介論文は，二畳―三畳系という特定の層位学的範囲に焦点を絞ったものでありながら，そしてしかもそれに参与している研究者がごく少数であるという現実がありながら，それらを克服して斯界に驚異的な展開があったことを教えてくれる。今や，コノドントがわが国の中・古生層の生層序学の道具として無視しえないどころか，古生代で消える紡錘虫を凌駕して役立つ立派な存在となったことが実証されている。もちろん，そこには先人達の残した紡錘虫による上部古生界生層序学の成果が下地となっているのであり，その意義を軽んじるわけにはいかない。

しかしながら，コノドント研究にまつわる問題点の一つとして，CLARK が1971年に Marburg シンポジウムで指摘し，また当紹介論文集の第1論文等でも言及されているように，そもそも二畳―三畳系のコノドント・フォーナは世界的に研究の立ちおくれが目立つ部分であり，中・古生代の境界とその間の生物相の変遷問題とからんで，いまだに不十分な所も多く，今後にゆだねられた宿題が少なくない。とりわけ，わが国での試料についていうならば，最近デボン紀―石炭紀のコノドント群でしきりに論じられている，堆積相とコノドント生相との関連，あるいはそのエコフォームと分帯化石としての適格性との相関など，進化系列や“生態”の諸問題については，まだ議論の対象としてとり上げられるところまで至っていないかにも見える。これは，一つにはわが国のコノドント試料の多くは量もごく少なく，質的にも変質・変形が著しいなど，材料の保存状態からくる制約も関係しているのであろうし，また当紹介論文集がテーマ通りに生層序学一本に的を絞ったが故に，それ以外の事項があまり強調されなかった結果であるのかもしれない。いずれにせよ，将来一層の発展が期待されるところであるには違いない。

論文集の最後を飾る第10論文，すなわち金杉による古生代ナマコ骨片についての報文は，いうまでもなくわが国における斯界のパイオニア的意義を有するものである。それだけに，時代，地域，分類のいずれの面においても系統立った研究を仕上げるには，まだかなりの努力と歳月とを要しよう。しかし，これまで古生代研究者は数多くいながらついにかえりみることのなかった化石資料に目を向け，研究上の問題点を指摘し今後への途をきり拓いた点，その方向と著者の努力は高く評価されねばならない。そこには，単に中・古生界研究者のみならず，わが国の微古生物学者一般にとっても留意すべき問題が含まれている。ちなみに，現在サンゴ礁に一歩でも研究の足をふみ入れたことのある者ならば，たとえばラグーン内における棘皮動物。とりわけ数量ともにナマコ類の占める生態学的重要性に気付かずにはいられない筈である。もちろん，ナマコ類の生態領域はサンゴ礁外にも広く及んでいるので，それだけになおさら，いわゆる堆積岩のマトトックス中に入ってくるナマコ骨片の意義は軽視できぬわけであり，示相・示準の化石としての更なる開発が，今後の一つの課題となろう。現生・化石ともに，関心を持つ研究者の増加が強く望まれるところである。

以上述べてきたように，当紹介論文集は，わが国の生層序学における最近の著しい傾向を描いたものであると同時に，一つのマイルストーンとして価値づけられるものであることは間違いなく，また今後のこの方面への発展の礎石となる性格のものであるといって過言でない。古生界の研究者のみならず，地史・古生物学に関連した分野の学徒一般にとって，吸収すべき点の多い好著であろう。近年，中・古生層の層序，とくにマクロの化石情報が不足しているためにおくれの見えはじめていた部分が，このコノドント―ナマコ研究を鍵にしながら，やはり最近目ざましい展開を見せている放散虫研究と相伴って，急速に解明されてきている現実があるだけに，内容・タイミングともに当紹介論文集の果たす役割りは大きいと思われる。

一般論としていうならば，正しい生層序の確立には，正確な分類学的識別による裏付けが不可欠であり，熟達した古生物学的鑑定力と，世界的スケールでの情報消化，フィールドならびに室内での豊かな実際的作業経験，といった三つの条件を充たしている研究者によって初めて可能となるこ

い。その意味でわが国での現状をみると，
もの研究者に過度といえるほどに頼ってお
ドント化石の検出が直ちに時代論や対比
れるという状態にはまだほど遠いように
一般層序学や構造地質学にたずさわる者
用者”の立場としてこの点に深く想いを
きではないかと思われる。

の内容は，あくまで層序学への貢献であ
学や古生物・古生態学を目的とはしてい
に，この冊子を座右において，自らコノ
究やその応用に従事するというわけには
。しかし，近刊がすでに予告されている
物学会による特別出版物第22号は，当論
著者の一人である猪郷(弟)の手になる，
畳紀コノドント化石のモノグラフとされ
論文集の姉妹篇としてこれを備えおくな
の効用は一層高まるに違いない。

の第3から第9までの論文は，関東山
東部，田穂石灰岩，上村石灰岩，四国斗
，三宝山帯，宮崎県の三宝山帯など，す
的なコノドント産出地域各論となってい
くの地質図，対比柱状図，産出層準図な
られており，一般地質や地質構造の理解
つ。

コノドントの部の巻末に付されている，
けるコノドント産出地点の地図とリスト
背でのわが国コノドント探査の事情を端
しており，学史的にも重要な資料となろ
(兄)(1972：地学雑誌81-3)によるコ
総括に付けられた第3図の産地数と比較
でも，その間の急速なテンポがはっきり
れる。

集は限定出版であるが，多くの人々に知
いたいという主旨から，下記に申込め
の許すかぎり入手できる筈である。(送
0円)

小金井市貫井北町4－1
東京学芸大学地学教室 0423-25-2111
鹿沼茂三郎教授退官記念会
振替 東京6-130397

(浜田隆士)

Günther HAMANN: Der Eintritt der südlichen Hemisphäre in die Europäische Geschichtel; die Erschliessung des Afrikaweges nach Asien vom zeitalter Heinrichs des Seefahrers bis Vasco da Gama. Wien, Hermann Böhlaus Nachf., 1968. 477 S.

著者は1924年ウィーンに生れ，ウィーン大学で1949年 Ph. D. を得，1961年同大学講師。1964年以来教授を勤め，近代史講座担当，特に西欧，植民地帝国，地理発見史を専攻する。

本書は著者の主著であって，新刊と言えないが，類書がないので紹介するに値するものと思う。著者には他に論文20編，旅行や鉱物の地図集や地図帖，史書の複製編刊にも関与している。

さて，本書は30章から成り，「ヨーロッパ史における南半球の出現」を副題の示すとおり「ハインリヒ航海王子からヴァスコ・ダ・ガマまでの時代のアフリカ航路の開拓」を詳述する。

1．序章　歴史研究における空間的認識の重要性を説く。哲学・史学・地理学・民族学にわたって検討すると宣言している。

2．大西洋と南方未審地　古代・中世における大洋航海と海洋伝説から始めて，ハインリヒ王子時代の始めまでのアフリカに関する要約

3．航海の父ハインリヒ王子のもとでの地学と航海計画，特に王子の海洋アカデミーを賞揚，

4．アフリカ最西端到達をとおして，古い先入観の解消，ジル・エアネスの1433/34年のバハドル岬へ南下した航海の概要とその意義

5．文献および地図学上の，それまでの探検航海の成果，ディオゴ・ゴメスの新報告をめぐる論争と容認の過程

6．アルフォンソ五世のもとでのギアナ湾進出 1469年フェルナン・ゴメスの発見調査経緯

7．赤道到達までの探検航海の連続　1471年ディオゴ・カムが赤道に達した頃の検討

8．湾内諸島の発見　ビアフラ湾とフェルナンドポー島，サン・トーメ島の発見史

9．ヨハネス二世の外洋時代の推移　フェルナン・ゴメスが西アフリカ貿易と引換えに探検を受負った時代からアフリカ航路がヨーロッパ中の航

海者の関心へ変って行ったこと，黄金海岸にミナ要塞が建設されて植民地化の進む事情

10. ディオゴ・カムの航海の拠りどころ

11. デイオゴ・カムによるコンゴとアンゴラ海岸の発見

12. コロンブス計画前のポルトガルの計画における遠征の成果

13. ディオゴ・カムの第2次南方航海の基本問題　マルティン・ベハイム作地球儀の意義

14. カムの第2次紀行におけるベハイムの関与の問題　ベハイムの南アフリカ知見の検討の意義。

15. カムの第2次紀行の日付問題　発見標識柱(Padrão) の検証を主とする。

16. カムの第2次紀行以後のアンゴラと南西アフリカ　コンゴ後背地，植民地化を扱う

17. アフリカにおけるディオゴ・カムの個人的運命の未解決な神秘　カムに関するマルテルスの地図とその解釈，カムの運命に関する年代誌と航海誌，そしてカムの政治的立場を論究

18. バーソロミュー・ディオスの探検の準備と拠り所　南進すれば，大陸端に出る信念の根底

19. ディオス紀行の最初の部分，南西アフリカ

20. 希望峰の最初の周航

21. 希望峰の反対側におけるディオスの発見

22. ディオスの帰航とアフリカ南端の発見

23. この紀行の成果とディオスの運命　マルテリウスの地図への影響など

24. インドへのアラビア航路を目指すペロ・デ・コヴィヤンの紀行

25. ヨハネス二世とエマヌエル一世のもとでのヴァスコ・ダ・ガマの航海に関する仮説

26. ディオス探検の終点までの新航路について

27. インド洋に沿って，南アフリカから東アフリカの探検

28. インド上陸による百年の計の成就

29. 地図学および世界観におけるポルトガル人の発見航海の成果

30. 結論：南方大陸の問題　新大陸への道，そしてクックの航海への道に結んで簡潔に説く。

ヴァスコ・ダ・ガマやコロンブスの探検以後は割合知られているけれども，わが国ではその前夜の過程は殆んど知られていない。それも物語としてではなく確証を示して論述された書物であるだけに，東洋では成し難い業績である。ヨーロッパは，これだけ資料があるのだ，と改めて教えられた気がする。それは冒険者達の記録ばかりでなく，その周辺の史料や研究文献が豊富なのである。ただし，アラビア側の資料が今少しあるのではなかろうかと思うのだが，それは無理というものだろうか。

次に注目されるのは，著者がベハイムの地球儀を始め，古地図類との比較検証に注意を払っている点であろう。地図学を利用するだけでなく，地図学への寄与ともなっている。

最近の米英の書物に慣れた眼で読むと，古典的な論述はいささか重苦しいが，読み応えある好著である。

巻頭に有名なカンティノ地図 (1502) 原色版，巻末に15世紀を主とする地図，文書の図版35図を付す。“Veröffentlichungen der Kommission für Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften” 叢書の “Heft 6”である。

(石山　洋)

会記事

理事会（昭和54年度第3回，昭和54年9月7日）
出席者：坪井会長　末野，木内各副会長　川上，木村，坂倉，佐藤（久），佐藤(光)，西川，山内各理事　矢嶋，矢沢各監事　片山会館建築委員長

議事：

1. 会館建築委員会の最終報告と解散手続について

片山委員長より委員会の経過を詳細に記載した「委員長メモ」が引渡された。次いで会計報告，監査報告があった。会館建築委員会はその任務が終了したので昭和54年9月30日で解散することが承認された。

2. 百周年記念式典と講演会について

佐藤（光）理事より式典，祝宴，講演会の大綱および予算について説明があり，基本的に了承された。また式典，祝宴については坂倉理事が，講演会については佐藤(光)理事が，パンフレットについては前島理事が，庶務・会計については川上理事が中心となって推進することとなった。

3. 職員の給与・退職金支給規則について

昭和53年度第7回理事会で原則として承認された職員の給与・退職金規則（原案）について一部訂正の上4月1日から実施することに決定した。

4. 理事・監事・委員の交通費等支給について

原案の「理事・監事の」とあるのを「理事・監事・委員の」の訂正の上承認した。

5. 正会員の入会について

浜野一彦，三上岳彦両氏の入会申し込みを了承し，評議員会に提出することとした。

6. 会計委員会の設置について

常置委員会としての会計委員会をつくることが承認された。

委員については次回の理事会に木村理事が原案を提出することになった。

7. ノルデンショルド周航百周年記念行事について

次の事が了承された。

1　実行委員会（案）を承認する。
2　レセプションを日本地理学会と共催する。
3　講演者謝礼として15万円を予備費より支出する。

報　告：

1. 山内理事より会館委員会の経過ならびに集会室利用状況の報告があった。
2. 川上理事より定款改正について文部省から8月27日付で認可された旨報告があった。なお理事の増員は昭和54年4月1日にさかのぼって認可された。

日本地学史資料調査委員会（第25回，昭和54年9月29日）
出席者：小林委員長，渡辺，今井委員
報　告：

1. 岡山委員により地理関係の別刷配布先リストが作成されたので，小林委員長作成のリストをあわせて整理し，近く「地学欧文文献集」を発送する。
2. 「坪井先生を囲む座談会」の別刷200部ができたので，前回の規定通り配布する。
3. 「明治前日本地学文献集」は7月に提出。Vol. 88，No. 5に掲載される。
4. 湊委員によれば，10月頃，東北大の南部松夫先生の協力を得て，渡辺萬次郎先生を囲む座談会を開く予定。
5. 石山委員が作成中の地学関係欧文学術雑誌所在リストは，約8割の作業が終り，近いうちに完了の予定。

図書委員会(昭和54年度第3回，昭和54年10月5日）
出席者：坂倉理事，岩生委員長，河野，戸谷，平山，前島，浜田委員
議　事：前回の議事録を承認，9月27，28両日の日通倉庫内における図書整理作業の結果につき取りまとめ報告が行われた。今後の作業方針が検討され，11月20日以降地学協会内会議室において図書の整理を続行することが決定された。

理事会（昭和54年度第4回，昭和54年10月15日）
出席者：坪井会長，末野・木内両副会長，川上，

木村，坂倉，佐藤（久）佐藤（光）西川，山内理事，保柳百周年記念実行委員長

議　事：

1．創立百周年記念行事について式次第を決定した。

2．ノルデンショルド周航百周年記念シンポジウムについて内容が了承された。

3．会計委員会委員について差当り木村委員長，猪郷久我，坂上澄夫両会員を委員に決定した。

4．図書整理について，図書を当協会が所有するにふさわしい図書を(A)，もっとも関係のうすいもの(C)その中間のものを(B)とするランク分けをすることにした。

編集委員会（昭和54年度第3回，昭和54年10月16日）

出席者：前島委員長，神戸，五条，佐藤，浜田，松田，茂木，山口委員

議　事：

1．第88巻6号の編集について審議し，石油地質の特集号とすることを決定した

2．現行の投稿規定について検討した。

会館委員会（昭和54年度第5回，昭和54年10月17日）

出席者：末野副会長，山内委員長，梅沢，片山，川上，坂倉，佐藤，平山委員

議　事：

1．会館の使用状況，備品の整備状況を確認した。

2．会館特別会計の現預金残高を確認した。

3．建築委員会からの資料引継ならびに建築会計の確認および引継を終り，建築委員会からの引継はすべて完了した。

4．図書整理のため11月20日から1月末まで約2カ月間講堂を使用するので，講堂使用を休止することとした。

定款検討小委員会（第17回，昭和54年10月24日）

出席者：渡辺委員長，斉藤，川上，岩生委員

議　事：前回議事録が承認され，答申案定稿各条の検討が行われた。その結果，若干訂正，修正の上答申することとした。なお答申は委員長が改訂の趣旨と重点とを述べたものを前文とし本文とともに将来検討委員会に提出することとした。

地学雑誌第88巻総目次

論説・報告

短報・資料

書評と紹介

口絵

紙碑

Contents of Journal of Geograpy, Vol. 88, 1979